CONSEIL
DES
PRODUCTIONS
ANIMALES
DU QUÉBEC

LA MOULE BLEUE

Québec

Conseil des productions animales du Québec

Le Conseil des productions animales du Québec se réjouit de la présentation d'un guide sur la moule bleue.

Le CPAQ est un organisme consultatif rattaché au ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) par un secrétariat qui fait partie de la Direction de la coordination scientifique et technique.

Ce guide décrit les techniques modernes de production en considérant les aspects suivants: Biologie et écologie, la mytiliculture à travers le monde, la mytiliculture au Québec, qualité et marché.

L'aspect unique de ce document est qu'il présente un résumé des connaissances littéraires actuelles adaptées au contexte québécois, nord-américain.

Il va sans dire que ce texte n'est pas de nature encyclopédique mais vise principalement à présenter des techniques éprouvées de production. Des changements certains amèneront à voir d'un oeil critique quelques pratiques suggérées dans ce guide. Lors d'une prochaine édition, les corrections qui s'imposeront, seront intégrées au document.

Ce guide s'adresse à une vaste clientèle: producteurs, vulgarisateurs et étudiants y trouveront matière à réflexion.

Enfin le CPAQ adresse ses félicitations et remerciements aux auteurs qui ont investi leur acharnement pour créer ce guide de production. Le Conseil est assuré que l'usage rationnel de ce guide profitera à l'éleveur québécois.

Daniel Barrette
Président du CPAQ

Dépôt légal
Bibliothèque nationale — 00 trimestre 1900
ISBN-0-000-00000-0

Le Conseil des productions animales du Québec

Le Conseil des productions animales du Québec est un organisme rattaché au ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec par un secrétariat permanent qui fait partie de la Direction de la coordination scientifique et technique.

Les activités du Conseil ne sont pas restrictives mais son action actuelle consiste principalement à:
— réaliser et mettre à jour des guides en production animale;
— participer à l'orientation de la recherche en production animale;
— donner son avis ou conseiller le MAPAQ en matière de production animale;
— organiser ou réaliser des colloques ou symposiums afin de vulgariser des nouvelles techniques en production animale.

Le Bureau de direction actuel est représenté par:

Président	Daniel BARRETTE	Médecin vétérinaire, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal.
Vice-président	Ghislain PELLETIER	Agronome, Agriculture Canada, **président du Comité bovins laitiers.**
Directeur	Jean BRICAULT	Technologiste, Université Laval, Sainte-Foy, **président du Comité animaux à fourrure.**
Directeur	André MÉLANÇON	Agronome, Service des productions animales, MAPAQ, **président du Comité aviculture.**
Directeur	Jacques JALBERT	Agronome, Service des productions animales, PATLQ, MAPAQ.
Secrétaire	Christiane MIGRET	Agronome, Direction de la coordination scientifique et technique, MAPAQ, Québec.
	Laval BÉLANGER	Agronome, Association professionnelle des meuniers du Québec.
	Conrad BERNIER	Agronome, Service des productions animales, MAPAQ.
	Robert BILODEAU	Médecin vétérinaire, Services vétérinaires, MAPAQ.
	Elliot BLOCK	Agronome, Collège Macdonald, Université McGill.
	Anicet BRAULT	Médecin vétérinaire, ITA, La Pocatière, **président du Comité cheval.**
	Daniel CHEZ	Agronome, directeur, Direction de la coordination scientifique et technique, MAPAQ.
	Jean-Yves COUILLARD	Producteur, Union des producteurs agricoles.
	Yvon COUTURE	Médecin vétérinaire, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal.
	Jacques DUFOUR	Agronome, F.S.A.A., Université Laval, **président de la Commission de la recherche.**
	Pierre GINER	Agronome, Direction de la recherche agro-alimentaire, MAPAQ.
	Wilfried HOLTMANN	Agronome, Centre d'insémination artificielle du Québec Inc.
	Raymond LAFLAMME	Agronome, coordonnateur, Production et affaires régionales, MAPAQ.
	Pierre-Louis LANDRY	Agronome, Consultant, **président du Comité aquiculture.**
	Yvan CHARLAND	Agronome, MAPAQ, **président du Comité viande bovine.**
	Guy MEILLEUR	Médecin vétérinaire, Direction de l'inspection vétérinaire, Agriculture Canada.
	Carolle MOISAN	Producteur, **président du Comité production ovine.**
	Michel-Luc MORNEAU	Représentant, Ralston Purina, **président du Comité cuniculture.**
	François PLANTÉ	Agronome, Direction générale de la production et de l'inspection des aliments. Agriculture Canada.
	Christine BELLEY	Médecin vétérinaire, **présidente du Comité chèvre.**
	Jean-Claude ST-PIERRE	Agronome, Direction générale de la recherche, Agriculture Canada.
	Yvan SAVOIE	Agronome, Service des productions animales, MAPAQ, **président du Comité porc.**
	Roland SOUCY	Agronome, Conseil des viandes du Canada.

Membres du comité aquiculture

Pierre-Louis Landry, biologiste et agronome, président

Louis-Philippe Filion, producteur, vice-président

Robert Champagne, Ingénieur et agronome, Service des productions animales, MAPAQ, Québec.

Joël de la Noüe, biologiste, Directeur du Centre de recherche en nutrition, Université Laval, Québec.

Gilles Filion, ingénieur et agronome, département de génie rural, Université Laval, Québec.

Serge Gonthier, biologiste, Service de l'aquiculture, MLCP, Québec

Lars Hansen, professeur, CEGEP de Saint-Félicien.

Paul-Émile Lafleur, biologiste, Direction générale des pêches maritimes, Gaspé.

Yvon Nadeau, producteur, Thetford Mines.

Robert Péloquin, médecin vétérinaire, Direction de la santé animale, MAPAQ, Rock Forest

À la réalisation de ce guide

Bruno Myrand, biologiste, Direction de la recherche scientifique et technique, sous-ministériat aux pêches commerciales, MAPAQ, Cap-aux-Meules.

Jacques Richard, biologiste, Direction de la recherche scientifique et technique, sous-ministériat aux pêches commerciales, MAPAQ, Cap-aux-Meules.

À la photographie

Jacques Richard, Paul Grondin et Jean-Guy Turdide, Direction de la recherche scientifique et technique, sous-ministériat aux pêches commerciales, MAPAQ, Cap-aux-Meules.

Remerciements

Les auteurs remercient sincèrement les personnes suivantes pour toute la collaboration qu'elles leur ont apportée. Leurs informations et leurs commentaires ont été très appréciés.

M. Jean-Guy Turbide, technicien spécialisé en mytiliculture
Station de recherche sur les pêcheries à Cap-aux-Meules.

M. Yves Bastien, agent de développement en aquaculture.
Station de recherche sur les pêcheries à Gaspé.

M. Michel Fournier, Les moules de culture des Îles Inc.
vice-président de l'Association des mytiliculteurs madelinots.

M. Pierre Bergeron, biologiste responsable de la recherche en mytiliculture de la Baie des Chaleurs (Carleton)
Station de recherche sur les pêcheries à Gaspé.

M. Wayne Somers, Murray River Mussel Inc.
président de l'Atlantic Mussel Grower's Cooperative, président de la Prince Edward Island Cultured Mussel Grower's Association.

Avant-Propos

Ce guide a été préparé à l'intention de tous ceux et celles qui sont intéressés par la mytiliculture ou qui sont impliqués directement dans cette nouvelle activité au Québec. Il est principalement le fruit de l'expérience acquise par le personnel de la Station de recherche sur les pêcheries (M.A.P.A.Q.) à Cap-aux-Meules, et par les mytiliculteurs tant des Îles-de-la-Madeleine que des Maritimes.

Beaucoup d'informations proviennent aussi de rapports de recherches ou de synthèses publiés ailleurs. Le texte fait d'ailleurs abondamment référence à ces ouvrages. Le lecteur qui veut approfondir un élément particulier pourra consulter le ou les ouvrages mentionnés.

Le document est divisé en 6 grandes sections. La première est consacrée à la connaissance de la biologie et de l'écologie de la moule. Ces connaissances de base sont fondamentales pour la réussite d'une entreprise mytilicole car elles permettent de mieux comprendre l'organisme dont on veut tirer profit.

La seconde partie s'attache à décrire les principes de base de la mytiliculture et à en montrer l'application à travers les grandes techniques en usage dans le monde. Les descriptions sommaires de ces techniques et d'un site typique où chacune est appliquée nous apparaissent intéressantes de plusieurs façons. D'abord, cela permet de prendre conscience de la diversité des techniques employées et de leur adaptation aux caractéristiques des sites. De plus, les informations mentionnées dans le texte permettent d'avoir une impression assez juste de la réalité. Certaines données plus techniques permettent d'imaginer assez facilement l'ampleur de l'activité mytilicole en question. Enfin, nous espérons que ces informations qui peuvent paraître superflues au premier abord pourront inspirer certaines adaptations des techniques décrites au contexte québécois.

La troisième section est consacrée à la description de la technique actuellement en usage au Québec et dans les Maritimes. Comme il n'existe pas de recette unique, nous nous sommes attachés à décrire les principales alternatives possibles avec leurs avantages et leurs inconvénients en laissant à chaque mytiliculteur le choix de sa stratégie en fonction de sa situation. Nous suggérons aussi une démarche à suivre pour qui veut commencer à faire l'élevage de la moule bleue. Cette recommandation est accompagnée d'une estimation des coûts en matériel nécessaire pour cet essai.

Le quatrième chapitre traite de tout ce qui concerne l'après-récolte, soit la qualité de la moule d'élevage produite, sa vie étagère, les moyens appropriés pour profiter d'un maintien de sa qualité pendant une période maximale, le marché et ses exigences. La connaissance approfondie de ces éléments est primordiale pour la réussite d'une entreprise mytilicole. La production des moules est certes importante, mais leur commercialisation l'est tout autant.

La cinquième partie rassemble toutes les références citées dans le texte. La très grande majorité de ces sources étant en langue anglaise, leur synthèse dans cet ouvrage est, pour plusieurs, la seule opportunité d'en prendre connaissance.

La sixième section regroupe en annexe des informations n'entrant pas dans le texte mais pourtant très précieuses: coût unitaire des matériaux, estimation détaillée du coût en matériel pour un essai d'élevage, procédure de détermination du rendement en chair, liste de fournisseurs de matériel, liste des lois qui régissent la mytiliculture au Québec, une table de conversion pour ceux qui ne sont pas encore familiers avec le système métrique utilisé dans le guide, et enfin un lexique des termes inhabituels pour les profanes.

Nous n'avons pas la prétention d'avoir cerné tout ce qui concerne la mytiliculture au Québec; encore moins d'avoir produit un texte sans reproche. Certains le trouveront incomplet, d'autres trop élaboré. Avec le temps, la technique évoluera rendant même périmés certains passages. Toutefois, nous avons la certitude que ce type de document est nécessaire à cette étape-ci du développement de la mytiliculture québécoise.

Bruno Myrand, biologiste

Jacques Richard, biologiste

PARTIE 1 — BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE

Anatomie 15
Coquille et manteau 15
Branchies et glande digestive 15
Siphons 15
Pied 15
Organes sexuels 16
Habitat et adaptation 16
Distribution nord-américaine 16
Habitat 16
Formation en banc 16
Mécanismes d'adaptation 17
Alimentation 17
Types de nourriture 17
Alimentation et approvisionnement discontinu 17
Alimentation et taille 17
Alimentation et température 18
Alimentation et concentration de nourriture 18
Alimentation et matériel inorganique 18
Manque de nourriture et inanition 19
Respiration 19
Respiration et alimentation 19
Respiration hors de l'eau 19
Respiration et colmatage des branchies 19
Croissance 19
Paramètre intégrateur 19
Croissance et âge 19
Croissance et température 19
Croissance et accès à la nourriture 20
Croissance et qualité de la nourriture 20
Croissance et durée d'exposition à l'air 21
Croissance et salinité 21
Croissance et longévité 21
Détermination de l'âge 21
Reproduction et recrutement 21
Maturité sexuelle 21
Gamétogénèse et ponte 22
Gamétogénèse 22
Déclenchement de la ponte 22
Ponte 22
Stress de la ponte 22
Période de ponte 22
Vie Larvaire 22
Stade pédivéligère 22
Durée de la période larvaire 24
Survie des larves 24
Métamorphose et fixation 24
Stade plantigrade 24
Fixation primaire 24
Fixation secondaire 24
Avantages de la double fixation 24
Problèmes d'une fixation trop abondante 25
Prédateurs, parasites et compétiteurs 25
Prédateurs 25
Planctonophages 25
Oiseaux 25

Crustacés 25
Étoiles de mer 25
Poissons 25
Mammifères 25
Parasites 26
En Amérique du Nord 26
Parasites et perles 26
Commensaux 26
Contamination et intoxication 26
Contamination chimique 26
Contamination bactérienne 26
Intoxication 26

PARTIE 2 — LA MYTILICULTURE À TRAVERS LE MONDE

Historique et situation générale 29
Origine 29
Situation mondiale 29
Situation nord-américaine 29
Principes de base de la mytiliculture 29
Élevage sur le fond 30
Introduction 30
Principes généraux 30
Site d'élevage type 30
Approvisionnement en naissain 31
Ensemencement des fonds 31
Surveillance et entretien des lots 31
Récolte 31
Avantages et inconvénients 31
Élevage sur bouchots 33
Introduction 33
Principes généraux 33
Site d'élevage type 33
Organisation d'un bouchot 33
Approvisionnement en naissain 34
Élevage 34
Récolte 35
Avantages et inconvénients 35
Élevage en suspension 35
Introduction 35
Principes généraux 35
Sur support fixe 35
Introduction 35
Sites d'élevage type 35
Installation des supports fixes 37
Approvisionnement en naissain 37
Élevage 37
Récolte 39
Sur radeau 39
Introduction 39
Site d'élevage type 39
Description d'un radeau 41
Approvisionnement en naissain 41
Élevage 42
Récolte 42
Sur ligne flottante 42
Introduction 42
Site d'élevage type 43

Organisation d'une ligne flottante 43
Approvisionnement en naissain et élevage 43
Récolte 43
Avantages et inconvénients 43

PARTIE 3 — LA MYTILICULTURE AU QUÉBEC

Introduction 46
Principes généraux 46
Ligne flottante 48
Ancrage 49
Flotteurs 49
Organisation d'un ensemble de lignes 50
Approvisionnement en naissain 50
Cueillette 50
Captage 50
Polyrope 51
Vexar 51
Filet italien 52
Choix d'un collecteur 52
Ligne de captage 54
Suspension des collecteurs 54
Mise à l'eau et surveillance 54
Mise en boudins d'élevage 58
Préparation du naissain 58
Types de filet tubulaire 58
Filet canadien 58
Filet italien 59
Choix d'un filet 60
Table de remplissage 60
Procédure de remplissage du filet 61
Procédure générale 61
Procédure pour le filet canadien 62
Procédure pour le filet italien 62
Caractéristiques d'un boudin 63
Organisation du travail 64
Mise en élevage en suspension 64
Hivernage de la ligne d'élevage 65
Période d'immersion 65
Immersion 66
Localisation de la ligne immergée 66
Post-hivernage de la ligne d'élevage 67
Remontée en surface 67
Avantages 67
Inconvénients 68
Immersion continue 68
Avantages 68
Inconvénients 68
Choix d'une stratégie 68
Croissance et récolte 69
Croissance et taille commerciale 69
Techniques de récolte 70
Récolte en eau libre 70
Récolte sous la glace 71
Rendement commercial 72
Choix et essai d'un site d'élevage 72
Critères d'évaluation 72
Critères à incidence régionale 73
Critères à incidence locale 73
Critères à incidence socio-économique 74

Essai d'élevage 74
Plan de développement 74

PARTIE 4 — QUALITÉ ET MARCHÉ

Qualité du produit 75
Moule bleue vs d'autres aliments 75
Différents types de moules disponibles 75
Moule en élevage en suspension 75
Indice de condition 78
Rendement en chair 78
Évolution saisonnière du rendement en chair 78
Variations saisonnières vs commercialisation 80
Vie étagère 80
Vie étagère réduite 80
Baillement de la moule d'élevage 81
Vie étagère variable 81
Gestes à poser pour profiter d'une vie étagère maximale 82
Lors de la récolte 82
Lors du traitement 82
Lors de l'entreposage 83
Lors de l'emballage et de la livraison 85
Marché 86
Caractéristiques du marché 86
Produit frais 86
Produit transformé 87
Exigences du marché actuel de la moule fraîche 87

PARTIE 2:

2.1 Différentes alternatives liées à l'élevage de la moule. 30
2.2 Comparaison du rendement commercial obtenu avec chacune des grandes techniques d'élevage. 45

PARTIE 3:

3.1 Comparaison du succès de captage obtenu avec le polyrope et le vexar à Carleton et dans les lagunes des Îles-de-la-Madeleine. 53
3.2 Comparaison du captage obtenu aux Îles-de-la-Madeleine avec des collecteurs en vexar de différentes mailles (20 septembre 1982). 54
3.3 Évolution du poids des moules fixées à des collecteurs en vexar à petites mailles placés dans la lagune de Grande-Entrée en 1983. 54
3.4 Liste des critères à considérer lors du choix d'un site mytilicole 74

PARTIE 4:

4.1 Comparaison de la composition de la moule bleue et du steak T-Bone. 75
4.2 Comparaison des moules de cueillette, semi-cultivées et en élevage en suspension offertes aux consommateurs dans les poissonneries de Québec en 1985. 76
4.3 Comparaison de certaines caractéristiques des moules de cueillette et en élevage en suspension (poids total identique) offertes aux consommateurs de la ville de Québec le 7 avril 86. 76
4.4 Synthèse des caractéristiques des divers types de moule. 76
4.5 Effet de la durée de passage des moules sauvages dans la dégrappeuse-trieuse et des conditions d'entreposage subséquentes sur leur vie étagère. 84
4.6 Effets de la période de récupération et du mode d'entreposage de moules d'élevage sur leur vie étagère et leur poids. 84
4.7 Comparaison du prix payé aux producteurs et du prix de vente au détail pour les différents types de moules fraîches à Montréal et à Québec en août 1986. 87
4.8 Évaluation de la part du marché québécois occupée par les différents types de moules. 87

Liste des figures

PARTIE 1:

1.1 Coupe transversale d'une moule. ... 15
1.2 Taux de filtration de la moule bleue en relation avec son poids ... 17
1.3 Acclimatation du taux de filtration de la moule bleue après un changement de température. ... 18
1.4 Courbes de croissance de différentes populations de moules bleues. ... 19
1.5 Influence de la température sur la croissance de jeunes moules. ... 20
1.6 Augmentation ou diminution du poids de la moule en fonction de la quantité de nourriture disponible. ... 20
1.7 Influence de la durée de la période d'exposition à l'air sur la croissance de la moule. ... 21
1.8 Morphologie simplifiée des grandes étapes du développement larvaire de *Mytilus edulis*. ... 23
1.9 Influence possible du courant de Gaspé sur la localisation des principales zones d'intoxication des mollusques au Québec. ... 27

PARTIE 2:

2.1 Région mytilicole du Waddenzee aux Pays-Bas. ... 31
2.2 Régions mytilicoles françaises. ... 33
2.3 Cordes en fibres de coco fixées sur des perches transversales reliant deux bouchots parallèles. ... 34
2.4 Corde en fibres de coco fraîchement enroulée autour d'un pieu d'élevage et la résultante quelque temps plus tard. ... 34
2.5 Région mytilicole du Golfe de la Spezia en Italie. ... 36
2.6 Étang de Thau en France ... 36
2.7 Table d'élevage utilisée dans l'Étang de Thau ... 37
2.8 Section d'un parc d'élevage («camera») dans le Golfe de la Spezia. ... 38
2.9 Schéma d'un parc d'élevage en usage dans le Golfe de la Spezia. ... 38
2.10 Mode de suspension de la corde marseillaise à partir de la table d'élevage. ... 39
2.11 Région mytilicole du Ria de Arosa en Espagne. ... 40
2.12 Radeaux d'élevage en usage dans le Ria de Aroza. ... 40
2.13 Schéma détaillé de la structure d'un radeau d'élevage. ... 41
2.14 Procédure de récolte en Espagne. ... 42
2.15 Exemple d'une zone mytilicole en Suède. ... 44
2.16 Organisation d'une ligne flottante. ... 44

PARTIE 3:

3.1 Organisation d'une ligne flottante au Québec. ... 46
3.2 Orientation de l'ancrage par rapport à la ligne flottante. ... 47
3.3 Ancrage formé de deux pyramides tronquées jumelées. ... 47
3.4 Disposition des lignes flottantes en vue d'une utilisation optimale de la surface mytilicole. ... 48
3.5 Organisation d'une ligne de captage. ... 55
3.6 Organisation d'une ligne d'élevage. ... 56
3.7 Immersion sous la glace d'une ligne d'élevage. ... 57
3.8 Distribution de la fréquence de taille de moules un an après leur mise en boudins d'élevage. ... 57
3.9 Cycle de production pour l'élevage en suspension sur ligne flottante dans nos régions. ... 69

PARTIE 4:

4.1 Influence du mode de croissance sur le poids de la coquille de la moule. 77
4.2 Relation entre deux indices de rendement en chair faisant intervenir le poids de la chair cuite. 78
4.3 Évolution du rendement en chair de moules de un an et deux ans aux Îles-de-la-Madeleine au cours de l'été 1984. 79
4.4 Évolution du rendement en chair de moules de un an et deux ans à Carleton au cours de l'été 1985. 79
4.5 Variation de la vie étagère de la moule bleue au cours de l'année avec une température de conservation de 0-1, 7°C. 81
4.6 Perte cumulée du poids moyen de moules entreposées au sec ou dans la glace après différentes périodes de récupération dans l'eau de mer. 85

Liste des photographies

PARTIE 1:

1.1 Moule ouverte par sectionnement du muscle adducteur 16
1.2 Crabe tourteau (*Cancer irroratus*) 25

PARTIE 3:

3.1 Deux principaux types d'ancrage 48
3.2 Différents types de flotteurs en usage 49
3.3 Collecteurs en polypropylène (polyropes) 51
3.4 Noeud de demi-clé barré 52
3.5 Collecteurs en vexar 52
3.6 Dégarnissage des collecteurs 53
3.7 Naissain après son passage dans la dégrappeuse-trieuse 59
3.8 Différents types de filet tubulaire 59
3.9 Table de remplissage double 60
3.10 Enfilade du filet tubulaire sur le tuyau d'écoulement de la table de remplissage 61
3.11 Mise en boudin d'élevage avec du filet canadien 62
3.12 Mise en boudin d'élevage avec du filet italien 62
3.13 Contrôle du diamètre du boudin d'élevage fait avec un filet italien 63
3.14 Boudin d'élevage fait avec du filet italien immergé dans l'eau pour permettre aux moules de s'agglutiner ensemble 63
3.15 Boudin d'élevage fait avec du filet italien après un séjour de quelques heures dans l'eau 63
3.16 Boudins d'élevage après leur remplissage 64
3.17 Lests utilisés pour caler la ligne d'élevage 65
3.18 Boudin de moules de 1 an couvert de naissain de l'année 66
3.19 Crabes tourteaux (*Cancer irroratus*) se nourrissant de naissain fixé sur, et entre, les moules d'un boudin d'élevage 66
3.20 Boudin de moules au moment de sa récolte 67
3.21 Panier de récupération des moules tombées lors de la sortie de l'eau des boudins 70
3.22 Rouleaux placés sur la bordure de l'embarcation pour faciliter le travail sur la ligne d'élevage 70
3.23 Pince «Vise Grip» modifiée pour la récolte des boudins 71
3.24 Récolte sous la glace 71

PARTIE 4:

4.1 Différents types de moules disponibles sur le marché 77
4.2 Moules d'élevage en suspension qui baillent 80
4.3 Moules placées dans des bacs troués après leur récolte 82
4.4 Dégrappeuse-trieuse 83
4.5 Moules de taille commerciale à leur sortie de la dégrappeuse-trieuse 83
4.6 Vivier rempli de moules dégrappées 86
4.7 Moules emballées dans des poches d'oignons 86

Annexe 1: Coûts des matériaux 95
Annexe 2: Estimation du coût en matériel pour un essai d'élevage de 1000 boudins 97
Annexe 3: Procédure pour la détermination du rendement en chair 99
Annexe 4: Liste de fournisseurs 101
Annexe 5: Lois qui touchent la mytiliculture au Québec. 103
Annexe 6: Table de conversion. 105
Annexe 7: Lexique. 107

RÉFÉRENCES

Partie 1

Biologie et écologie

Une bonne connaissance de la biologie et de l'écologie de la moule bleue, *Mytilus edulis,* est essentielle pour qui veut en faire l'élevage avec succès. Cette connaissance permet au mytiliculteur de poser les gestes appropriés afin de satisfaire le mieux possible les exigences de la moule et profiter au maximum de ses caractéristiques spécifiques.

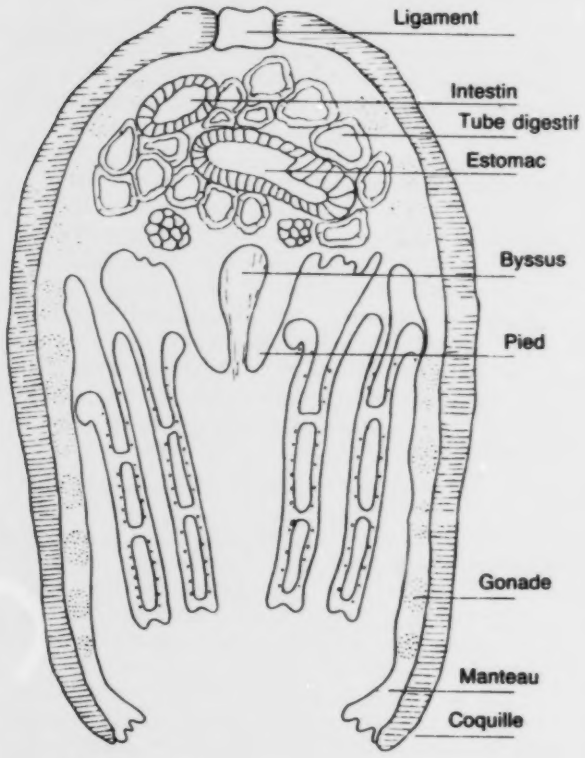


Figure 1.1
Coupe tansversale d'une moule

Tiré de Bayne (1976)

Anatomie

Coquille et manteau

La moule bleue est un mollusque bivalve, les parties molles de son corps étant logées entre les deux valves formant sa coquille. Reliées entre elles par un ligament, ces valves peuvent être ouvertes ou fermées à l'aide des muscles qui y sont attachés. La coquille est formée de trois couches superposées: le périostracum à l'extérieur, la couche prismatique au centre et la couche nacrée interne. Le périostracum est une mince couche brunâtre et transparente comme un vernis. Il est posé sur une couche de calcaire plus épaisse, la couche prismatique. Cette couche contient des pigments bleus foncés disposés en bandes. Quant à la couche nacrée, elle donne son apparence à la partie interne de la coquille. C'est le manteau, ce feuillet de chair pendu de chaque côté des parties molles du corps et adhérant aux valves, qui secrète la coquille (Fig. 1.1).

La couleur normale de la moule est brun foncé et peut même tendre vers le noir. Le jeune individu est cependant d'un brun plus pâle. La coloration de la moule âgée qui vit dans la portion supérieure de la zone intertidale est plutôt bleue délavée en raison de l'abrasion du périostracum (Dare 1980).

Branchies et glande digestive

La respiration est assurée par les branchies qui sont formées de fines lamelles placées en parallèle. La moule respire en extrayant une partie de l'oxygène qui est dissous dans l'eau circulant entre ces lamelles. De nombreux vaisseaux sanguins minuscules y extraient l'oxygène tout en rejetant certains déchets gazeux (Bayne et al. 1976).

Les branchies jouent aussi un rôle important dans l'alimentation puisqu'elles agissent comme un tamis pour retenir les particules de nourriture présentes dans l'eau. Pour remplir ce rôle, les branchies sont couvertes d'une multitude de cils minuscules qui permettent de retenir les particules de nourriture et de les acheminer vers la bouche (Bayne et al. 1976).

La nourriture est ensuite entraînée vers l'appareil digestif facilement reconnaissable à sa couleur foncée: brunâtre ou verdâtre.

Siphons

Pour contrôler et faire circuler l'eau à travers ses branchies, la moule entrouvre ses valves afin de permettre au manteau de former deux conduits appelés siphons. L'eau environnante est alors aspirée à l'intérieur de la moule par le siphon inhalant et est expulsée à l'extérieur par le siphon exhalant (Hickman et al. 1974).

Pied

La moule est pourvue d'un pied musculaire extensible. De couleur brun foncé, sa forme rappelle celle d'une langue (Photo 1.1). Ce pied a plusieurs fonctions dont la sécrétion de filaments adhésifs permettant à la moule de se fixer à un substrat (Price 1983). L'ensemble de ces filaments adhésifs se nomme «byssus». Le pied sert aussi à la locomotion. La

moule étire alors son pied, le fait passer entre ses valves, et s'ancre dans le sable ou la vase engonflant l'extrémité. Le déplacement est ensuite assuré par la contraction du muscle qui raccourcit le pied et tire la moule vers l'avant (Hickman et al. 1974). Enfin, le pied est utilisé pour le nettoyage de la coquille. La moule «lèche» alors littéralement la surface externe de sa coquille pour la débarrasser des particules qui s'y sont déposées (Theisen 1972).

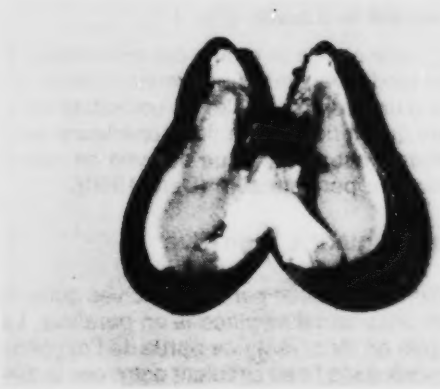


Photo 1.1
Moule ouverte par sectionnement du muscle adducteur.

Organes sexuels

Chez la moule, les sexes sont séparés. Les organes génitaux, aussi appelés gonades, sont disséminés presque partout dans l'organisme bien qu'on les retrouve surtout dans le manteau (Photo 1.1). Ainsi, toutes les parties du corps sauf les branchies, les muscles et le pied en sont pourvus (Field 1922). Il est possible de déterminer le sexe de la moule par la couleur de ses gonades lorsqu'elle est à la veille de pondre. À ce moment, les gonades omniprésentes sont de couleur crème chez le mâle, et corail ou orangé vif chez la femelle. En d'autres temps, la couleur des gonades n'est pas un indicateur fiable du sexe de l'animal (Brousseau 1984). Quel que soit le sexe, elles sont alors plutôt jaune clair ou orange clair (Moore et Reish 1968).

Habitat et adaptation

Distribution nord-américaine

La moule bleue est très répandue dans le monde. En Amérique du Nord, on la retrouve de l'Océan Arctique à la Caroline du Nord sur la côte est, et de la Mer de Bering au sud de la Californie sur la côte ouest (Lutz 1980). La température létale de la moule étant de 27°C (Gonzalez et Yevich 1976), il n'est pas étonnant de constater que la limite de sa distribution vers le sud coïncide assez bien avec une température maximale en surface de 27°C (Seed 1976).

Habitat

Solidement accrochée aux fonds rocheux, sablonneux, et même quelques fois vaseux, elle occupe principalement les zones intertidales (soumises aux marées) et subtidales relativement peu profondes. Comme conséquence de sa présence dans la zone des marées, elle doit subir des changements extrêmes des conditions environnementales ambiantes (température, nourriture, exposition à l'air, salinité). La limite supérieure de distribution de *Mytilus edulis* dans la zone intertidale serait d'ailleurs principalement déterminée par la durée d'exposition à l'air et l'importance de la dessication auxquelles elle est soumise (Seed 1976). On la retrouve aussi jusqu'à des profondeurs atteignant 20 m et plus (Dare 1980).

Formation en banc

Les moules sont grégaires et, lorsque les conditions sont favorables, elles forment des bancs très denses qui leur procurent une grande stabilité face à l'action des vagues. En fait, le banc offre une meilleure adaptation que l'individu isolé pour lutter contre les forces mécaniques de délogement. La surface exposée de chacune des moules y est réduite et les individus voisins attachés ensemble se fournissent un support mutuel (Seed 1976).

C'est à l'aide de leur byssus que les moules s'attachent entre elles et au substrat. La force d'attachement de la moule est fonction du «risque de délogement» qu'elle doit affronter. Par exemple, une augmentation de la force d'écoulement de l'eau (courants, vagues, ...) provoque un accroissement du nombre des filaments ou de leur force (Price 1982; Witman et Suchanek 1984). Au contraire, une période de calme prolongée entraîne l'affaiblissement du byssus (Price 1982). Plus encore, la moule attachée à un objet en suspension dans l'eau secrète un plus grand nombre de filaments pour s'accrocher plus fermement à ce substrat vertical.

La moule est sédentaire mais elle conserve néanmoins sa capacité de locomotion grâce à son pied. Elle ne se déplace que rarement, sauf si elle est dérangée, car l'enchevêtrement de byssus qui la retient rend tout mouvement difficile. En cas de nécessité, elle peut cependant larguer sont byssus et se déplacer, comme c'est parfois le cas quand elle désire se réorienter pour améliorer ses conditions d'alimentation.

Mécanismes d'adaptation

La moule possède des mécanismes internes qui maintiennent les fonctions métaboliques à un niveau assez uniforme malgré les changements externes du milieu. Cette capacité a cependant ses limites, et un changement trop important ou trop rapide perturbe les activités de la moule. Après quelque temps, elle s'ajuste à ce changement grâce à un mécanisme d'acclimation de son métabolisme. Un changement brusque et/ou de courte durée provoque toutefois la fermeture de sa coquille et la suspension de ses activités pendant une certaine période (Bayne et al. 1976; Bernard 1983; Famme 1980).

Alimentation

Types de nourriture

Bien que la moule se nourrisse principalement d'algues microscopiques appelées «phytoplancton» (Incze et Lutz 1980), elle peut aussi consommer des particules de matière organique, vivante ou morte (Kiorboe et al. 1980; Seed 1976), dont la taille se situe approximativement entre 1 et 100 μm (0,001 et 0,100 mm) (Mohlenberg et Riisgard 1978). En plus, les bactéries peuvent faire partie de son alimentation (Birkbeck et McHenery 1982).

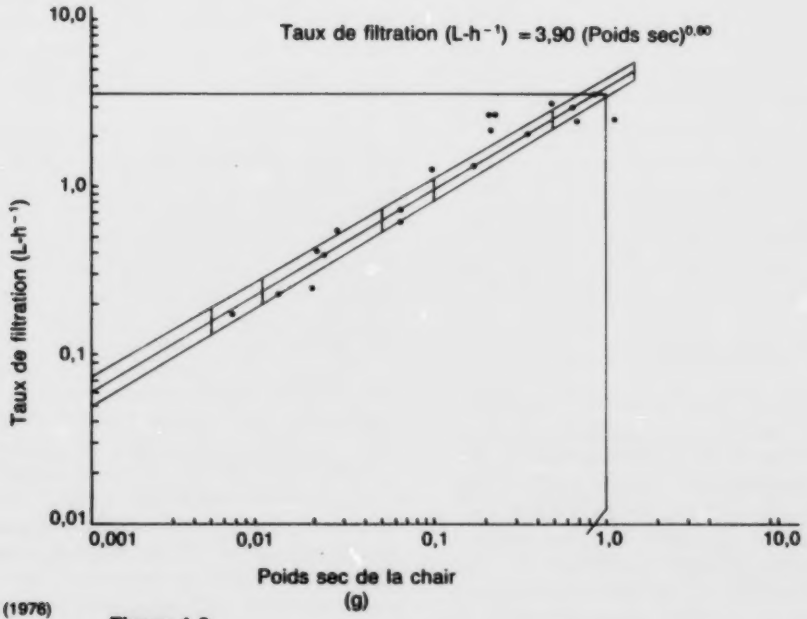
De son côté, la larve se nourrit des particules inférieures à 10 μm, surtout de celles mesurant 3 à 5 μm (Jorgensen 1981; Sprung 1984). Cette répartition de l'utilisation de la ressource permet donc de limiter la compétition pour la nourriture entre les larves et les autres membres de la population.

Alimentation et approvisionnement discontinu

La moule bleue est bien adaptée à son habitat caractérisé par un approvisionnement en nourriture discontinu. Aussi, quand il y a peu ou pas de nourriture, elle ne filtre pas. Par contre, la filtration est stimulée dès que la concentration de nourriture dépasse un certain seuil. Elle filtre donc continuellement en présence d'une quantité de nourriture suffisante (Thompson et Bayne 1972). Si la moule de zone subtidale (constamment immergée) peut s'alimenter continuellement, celle de zone intertidale (soumise à une exposition périodique à l'air), par contre, doit faire face à une restriction de sa période de prise de nourriture lors des périodes d'émersion.

Alimentation et taille

Le taux de filtration, défini comme le volume d'eau vidé de toutes les particules qu'il contient, augmente de façon exponentielle avec le poids (et donc la taille) de la moule. Ainsi par exemple, Vahl (1973) a observé que dans des conditions identiques, le taux de filtration des moules pouvait varier entre 0,06 et 3,90 litres par heure selon leur taille (Fig. 1.2). Walne (1972) a même observé des moules de grande taille qui filtraient jusqu'à 6,86 litres par heure. À ce rythme, elles filtraient chacune 165 litres d'eau par jour!



Tiré de Bayne (1976)

Figure 1.2
Taux de filtration de la moule bleue en relation avec son poids.

Tiré de Vahl (1973)

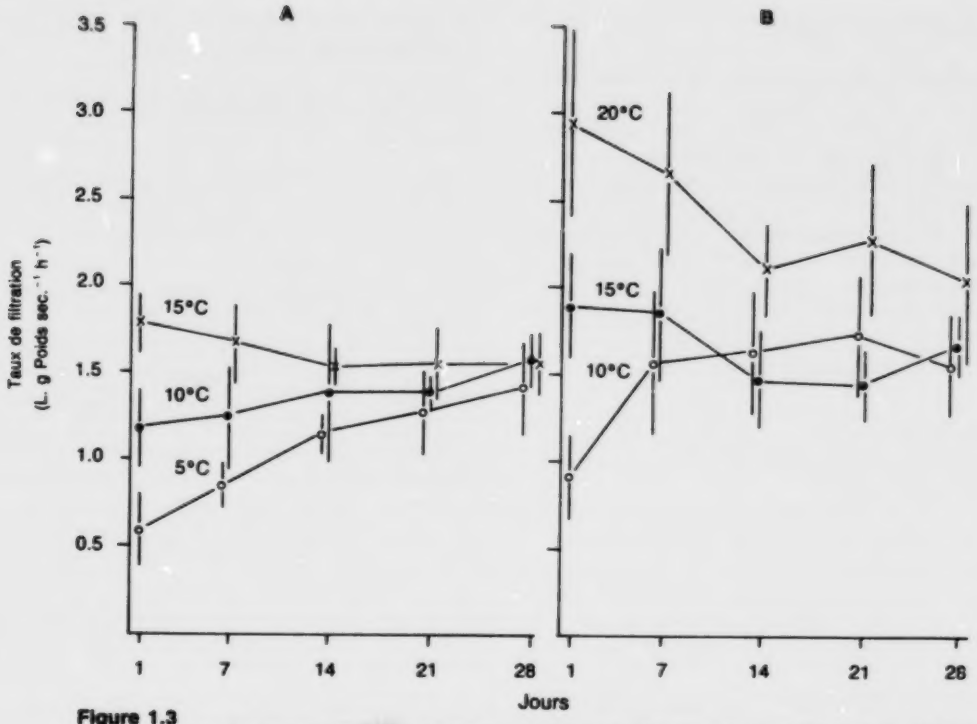


Figure 1.3
Acclimatation du taux de filtration de la moule bleue après un changement de température. (A) Température ambiante de 10°C (Novembre). (B) Température ambiante de 15°C (Juillet).
Tiré de Widdows et Bayne (1971)

Alimentation et température

Entre 2 et 20°C, le taux de filtration de *Mytilus edulis* est maintenu à un niveau relativement constant si le changement de température est graduel (comme c'est généralement le cas en nature). Ceci permet de stabiliser l'activité alimentaire de la moule en la rendant presque complètement indépendante du cycle annuel de la température (Widdows 1976).

En fait, le taux de filtration est indépendant de la température de l'eau lorsqu'elle se situe entre 5 et 20°C. En effet, à l'intérieur de cette fourchette, la moule est capable d'acclimater complètement son taux de filtration quelques jours après un changement rapide de température (Fig. 1.3) (Widdows et Bayne 1971).

Alimentation et concentration de nourriture

La moule ingère la totalité des particules qui sont présentes dans l'eau en faible concentration. En conséquence, la quantité de nourriture ingérée augmente avec un accroissement de la concentration des particules. Cette situation prévaut jusqu'à l'atteinte d'une concentration seuil à partir de laquelle le matériel filtré par les branchies devient trop abondant pour être ingéré dans sa totalité. À partir de cette concentration seuil, le taux d'ingestion est maximal et ne peut plus augmenter. Au delà de ce seuil, la régulation du taux d'ingestion est assurée par une diminution progressive du taux de filtration et par le rejet en quantité croissante de particules filtrées mais non ingérées qu'on appelle «pseudofaeces» (Foster-Smith 1975; Widdows et al. 1979).

Alimentation et matériel inorganique

Mytilus edulis habite généralement les eaux peu profondes où la turbidité causée par la remise en suspension du matériel déposé au fond peut être importante. Cette remise en suspension est causée tant par des facteurs physiques (action des vagues et de la marée) que par des activités humaines comme le dragage. De nature surtout minérale, le limon a pour effet de réduire le potentiel alimentaire du matériel ingéré tout en encombrant les organes de filtration. Kiorboe et al. (1980) ont cependant constaté que la moule est bien adaptée à cette situation. Elle y réagit en effectuant une certaine sélection des particules ingérées (conservant préférablement les particules alimentaires) et en augmentant sont taux d'ingestion de nourriture.

Manque de nourriture et inanition

En l'absence de nourriture, la moule utilise les réserves accumulées dans ses tissus. Elle est alors en mesure de survivre jusqu'à l'épuisement de ces réserves, ce qui peut durer jusqu'à 6 mois et entraîner la perte de 50 à 80 % de ses tissus (Kautsky 1982 b; Thompson et al. 1974).

Respiration

Respiration et alimentation

La respiration est étroitement liée à l'alimentation puisque les deux fonctions font intervenir le passage de l'eau à travers les branchies. Aussi, toute modification du taux de filtration doit être compensée par la moule afin de maintenir un niveau de respiration relativement constant. Cette compensation s'effectue au moyen d'une modification de sa capacité d'extraction de l'oxygène dissous dans l'eau. Par exemple, une augmentation de la concentration de particules dans l'eau se traduit par une diminution du taux de filtration et une augmentation de l'efficacité d'extraction de l'oxygène (Widdows et al. 1979).

Respiration hors de l'eau

La présence de la moule en zone intertidale l'oblige à supporter de longues périodes hors de l'eau. Face à cette situation, elle ferme sa coquille et diminue significativement sa dépense d'énergie. Bien qu'elle puisse utiliser l'oxygène de l'eau emprisonnée dans sa coquille (Bayne et al. 1976), la majeure partie de son énergie lui est alors fournie par respiration anaérobie.

Respiration et colmatage des branchies

Une quantité excessive de particules en suspension dans l'eau peut ennuyer considérablement la respiration de la moule comme ont pu le constater Collinson et Rees (1978) suite à des opérations de dragage dans le golfe de la Spezia (Italie). Une quantité importante de sédiments a alors été remise en suspension, et beaucoup de moules sont mortes par suffocation, les branchies obstruées par un excès de vase accumulée dans la cavité du manteau.

Croissance

Paramètre intégrateur

La croissance est la réponse intégrée des activités physiologiques, cellulaires et biochimiques de l'organisme. En conséquence, elle constitue un paramètre sensible de la convenance d'un environnement donné pour la moule (Riisgard et Randlov 1981). Il n'est donc pas étonnant qu'elle soit utilisée très fréquemment comme paramètre de mesure privilégié pour étudier la «performance» de la moule dans un milieu donné (Bayne et Worrall 1980; Dickie et al. 1984; Incze et al. 1978; Kautsky 1982 b; Loo et Rosenberg 1983; Wallace 1980).

La moule provenant de populations naturelles croît d'ailleurs pratiquement toujours plus lentement et atteint une taille finale moindre que pourrait lui permettre son potentiel inhérent (Jorgensen 1976). Cette situation provient du fait qu'elle rencontre très rarement des conditions de vie optimales.

Croissance et âge

La courbe de croissance typique de la moule montre un ralentissement du taux d'accroissement de la longueur avec l'âge et la taille de l'individu (Fig. 1.4). Ce ralentissement peut être tel que la croissance en taille cesse virtuellement chez de très vieux individus (Seed 1976).

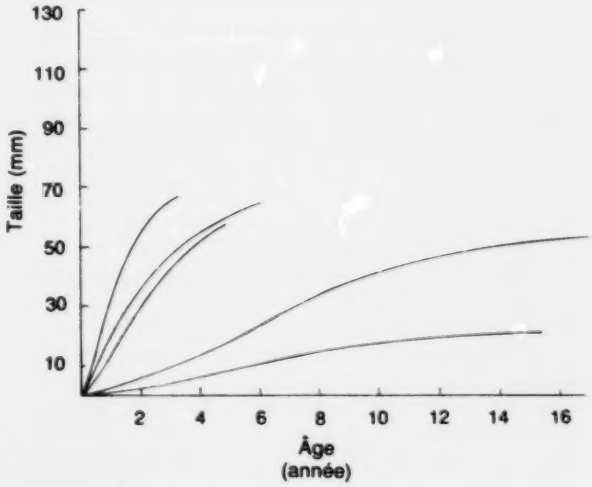


Figure 1.4
Courbes de croissance de différentes populations de moules bleues.

Tiré de Seed (1976)

Croissance et température

La croissance augmente de façon logarithmique entre 3 et 20°C. La température optimale se situerait toutefois entre 10 et 20°C, la croissance diminuant drastiquement au-delà de 20°C (Fig. 1.5) (Almada-Villela et al. 1982; Seed 1976).

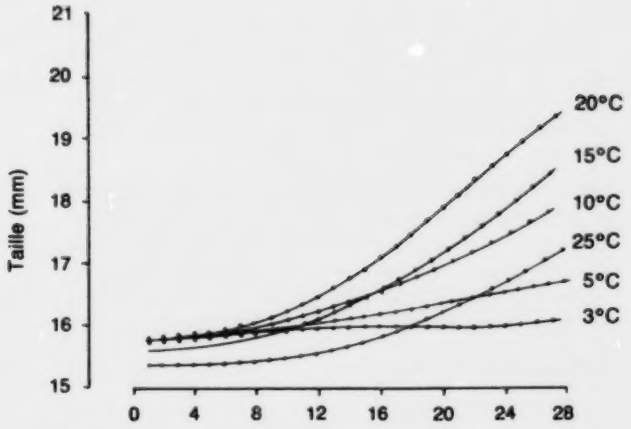


Figure 1.5
Influence de la température sur la croissance de jeunes moules.

Tiré de Almodo-Villela et al. (1982)

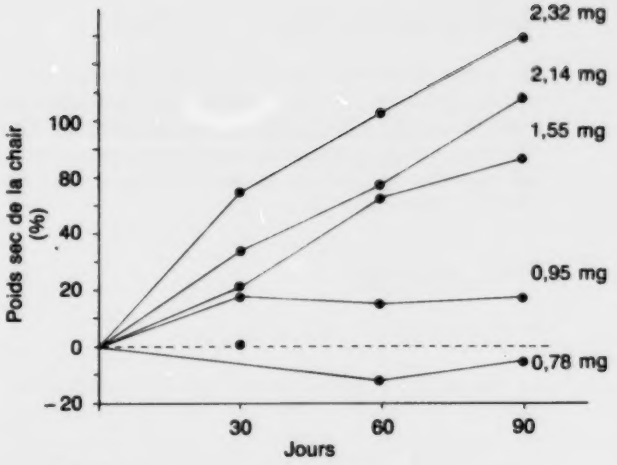


Figure 1.6
Augmentation ou diminution du poids de la moule bleue en fonction de la quantité de nourriture disponible (poids sec en mg). Poids initial des moules 0% = 30 mg.

Tiré de Winter (1974)

Croissance et accès à la nourriture

Même si la température joue un rôle important dans la croissance, le facteur déterminant est sans aucun doute l'approvisionnement en nourriture. En effet, la nourriture joue sûrement un rôle plus important que la température car la croissance se poursuit en automne même si la température de l'eau diminue (Pieters et al. 1979). De plus, Kautsky (1982 b) note qu'au printemps, la croissance reprend dès le départ des glaces et l'apparition du bloom de phytoplancton malgré le fait que la température n'est alors que de 1 à 3°C. Enfin, Wallace (1980) a constaté que des moules placées près de cages pour élever du saumon conservaient le même taux de croissance en hiver qu'en été en dépit de la température approchant 0°C. Puisque la croissance d'autres populations situées à proximité est inhibée plus ou moins complètement au cours de l'hiver, il en conclut que la croissance hivernale est rendue possible par l'ingestion des résidus de nourriture qui sont apportés par les courants en provenance des cages à saumons.

En fait, la croissance augmente avec la quantité de nourriture disponible (Fig. 1.6) (Winter 1974). En milieu naturel, la nourriture serait d'ailleurs le facteur limitant de la croissance de la moule (Fréchette et Bourget 1985). Dans cette optique, il faut considérer les courants marins comme un facteur très important puisque ce sont eux qui amènent la nourriture jusqu'à la moule. Un renouvellement insuffisant de l'eau auprès de la moule se traduit donc par l'épuisement rapide de la nourriture qui s'y trouve (Wildish et Kristmanson 1985).

En simplifiant, on peut considérer que tout facteur ayant un impact sur l'alimentation de la moule a des répercussions directes sur sa croissance. À cet égard, la densité des individus joue un rôle particulièrement important puisqu'à mesure qu'elle augmente, la nourriture disponible pour chaque moule diminue. De plus, tout changement brusque des conditions ambiantes a un effet négatif sur la croissance car la moule y répond en refermant sa coquille et en suspendant ses activités incluant l'alimentation. En fait, toute condition stressante se traduit par un effet négatif sur la croissance (Bayne et al. 1980).

Croissance et qualité de nourriture

La qualité de la nourriture est aussi d'une importance primordiale. À cet égard, le phytoplancton assurerait généralement une meilleure croissance (Rodhouse et al. 1984; Winter 1974) malgré les variations observées entre les groupes d'algues étudiés (Walne 1970). Les débris de plantes ne favoriseraient cependant pas une bonne croissance (Williams 1981).

La moule habitant la zone intertidale n'expérimente donc pas un taux de croissance maximal car sa nourriture est constituée d'un mélange de cellules phytoplanctoniques de différentes qualités (vivantes, moribondes ou mortes) et d'une fraction relativement importante de matériel détritique souvent remis en suspension à partir du fond (Rodhouse et al. 1984).

Au contraire, la moule placée en suspension dans la colonne d'eau a surtout accès au phytoplancton, ce qui lui procure une croissance beaucoup plus rapide. Ainsi, Rodhouse et al. (1984) rapportent qu'une moule posée sur le fond dans la zone subtidale (jamais exposée à l'air) met 6 ans à atteindre une taille de 50 mm tandis qu'une autre en suspension dans la colonne d'eau ne met que 1 1/2 an.

Croissance et durée d'exposition à l'air

Le taux de croissance diminue avec une augmentation de la période d'exposition à l'air associée aux marées (Fig. 1.7) (Rodhouse et al. 1984). Ainsi, la moule située dans la partie supérieure de la zone intertidale a une croissance plus lente qu'une autre habitant la partie inférieure ou même la zone subtidale. Ce ralentissement réflète une diminution du temps alloué pour l'alimentation (Seed 1976). Ainsi, une moule qui passe plus de 50% de son temps hors de l'eau aurait une croissance à peu près nulle (Seed 1976).

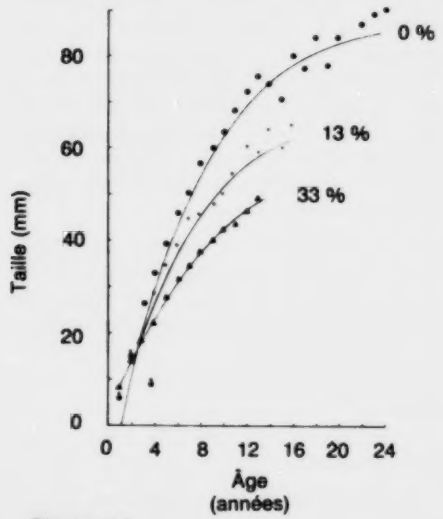


Figure 1.7
Influence de la durée de la période d'exposition à l'air (% du temps) sur la croissance de la moule.
Tiré de Rodhouse et al. (1984)

Croissance et salinité

Mytilus edulis peut survivre dans des eaux de faible salinité (4 à 10‰) mais sa croissance y est très ralentie (Kautsky 1982 b; Seed 1976). En laboratoire, Almada-Villela (1984) a d'ailleurs observé un arrêt de la croissance à partir d'une concentration seuil de 12,8‰, ce qui est cohérent avec le fait que le processus de calcification et de déposition de la coquille est ralenti à ce niveau de salinité.

Un brusque changement de salinité entraîne la fermeture de la coquille jusqu'à l'acclimatation de la moule ou l'amélioration des conditions ambiantes (Bernard 1983). En conséquence, la croissance est ralentie dans un environnement caractérisé par des variations importantes de salinité (Incze et Lutz 1980). De même, elle devient négligeable lorsque la salinité est réduite à moins de la moitié de sa valeur normale (Gruffydd et al. 1984). Bernard (1983) rapporte enfin que *Mytilus edulis* croîtrait bien dans des eaux dont la salinité est comprise entre 18 et 31‰, avec un optimum situé à 26‰.

Croissance et longévité

La durée de vie d'une moule à croissance lente est considérablement plus longue que celle d'une moule ayant une croissance optimale (Jorgensen 1976). La forme de la coquille permet même d'identifier ces deux types. Une moule à croissance rapide possède une coquille allongée de forme plutôt ovale. Elle est mince, lisse et à bordure tranchante. Par contre, une vieille moule à croissance lente est reconnaissable à sa coquille arrondie, souvent en forme de croissant. Elle est épaisse, rugueuse et à bordure émoussée (Photo 1.1) (Dare 1980; Seed 1976).

Mytilus edulis peut atteindre une taille maximale de 120-130 mm (Harger 1970) et vivre jusqu'à 24 ans, les individus de 15-20 ans n'étant pas rares sur les bancs (Seed 1976).

Détermination de l'âge

On a longtemps tenté de déterminer l'âge de la moule par l'interprétation des lignes d'interruptions de croissance (anneaux). L'emploi de cette technique s'avère toutefois délicate à cause de la difficulté à distinguer nettement les anneaux de croissance annuels des faux anneaux causés par d'autres arrêts de croissance (ponte, dérangements...) (Chalfant et al. 1980). Il existe maintenant une méthode plus précise basée sur la lecture des stries gravées sur de petits feuillets d'acétate («acetate peels») qui ont été appliqués sur une section transversale préalablement polie de la coquille (Lutz 1976).

Reproduction et recrutement

Maturité sexuelle

Chez la moule, la maturité sexuelle n'est pas liée à la taille, mais plutôt à l'âge et au taux de croissance (Seed 1969). Ainsi, on a déjà noté une certaine activité sexuelle chez des individus ne mesurant à peine que 2 mm (Kautsky 1982 a; Seed 1969). En fait, la moule bleue est en mesure de se reproduire dès l'âge de un an.

Gamétogénèse et ponte

Gamétogénèse

Le processus annuel de la reproduction commence par le développement des gamètes (produits sexuels). On a pensé jusqu'à tout récemment que ce développement était inhibé lorsque la température n'était pas comprise entre 7°C et 18°C (Pieters et al. 1980). Toutefois, Thompson (1984) et Kautsky (1982 a) ont observé la poursuite d'un certain développement à des températures approchant 0°C chez des populations nordiques. Ce développement est cependant presque nul à cause de la basse température, du couvert de glace et du manque de nourriture.

Ainsi, l'activation des gonades débute avec la chute de température à l'automne. Le développement des gamètes se poursuit très lentement au cours de l'hiver, puis s'accélère brusquement au printemps lors de la fonte des glaces. Les gamètes parviennent à maturité alors que la moule tire profit de l'abondance de nourriture liée au bloom printanier de phytoplancton (Kautsky 1982 a) et/ou de ses réserves nutritives déjà accumulées (Bayne 1975).

Déclenchement de la ponte

Une fois que la moule est physiologiquement prête à pondre, elle attend de percevoir un signal suffisamment évident de l'environnement ambiant afin de synchroniser le déclenchement de sa ponte avec celle de ses congénères. À ce moment, la nature même du stimulus ne paraît pas être d'une grande importance puisqu'il peut être physique (choc, brassage...), thermique (brusque variation de température), ou chimique (variations de salinité, substances émises par les gamètes dans l'eau) (Lubet 1957). Le déclenchement de la ponte peut même être provoqué par la présence d'une nourriture abondante (Smith et Strehlow 1983). Un individu à la veille de pondre se reconnaît à l'aspect de son manteau puisqu'on y observe nettement un réseau de «fissures» constitué par les conduits génitaux (Field 1922).

Ponte

À la ponte, les moules expulsent leurs produits sexuels dans l'eau, et le hasard se charge des rencontres permettant la fertilisation des oeufs. Cette première ponte de l'année est très intense et ne dure que quelques heures entrecoupées d'intervalles de repos (Bouxin 1956). La ponte d'une femelle se traduit alors par l'expulsion de plusieurs millions d'oeufs, son importance étant liée à la taille et à l'âge de l'individu (Bayne et al. 1983; Sprung 1983; Thompson 1979).Hurlburt et Hurlburt (1975) rapportent même qu'une femelle peut pondre jusqu'à 25 000 000 d'oeufs. Il n'est donc pas étonnant de constater qu'un individu mature perd une bonne proportion de son poids corporel lors de la ponte (Bayne et Worrall 1980).

Stress de la ponte

La ponte constitue une activité stressante pour la moule (Bayne et al. (1978)). Aussi, il n'est pas rare de constater une augmentation du taux de mortalité pendant et après la période de ponte (Newell et Thompson 1984; Worrall et Widdows 1984). Épuisée par sa ponte, la moule est d'ailleurs fragile pendant près d'une semaine (Bouxin 1956). Débute alors une période de latence qui se poursuit tout l'été (Bayne 1975) et donne l'opportunité à la moule de refaire ses réserves énergétiques (Pieters et al. 1979).

Période de ponte

Bien que la période de ponte puisse beaucoup varier d'un endroit à l'autre (Newell et al. 1982; Seed 1976), la principale émission des gamètes se déroule généralement au printemps. Cette période se situe habituellement en mai-juin au Québec (Poirier et Myrand 1982) et dans les Maritimes (Freeman 1974; Muise et MacLeod 1980; Robert 1981). Elle est cependant plus tardive à Terre-Neuve (Sutterlin et al. 1981), et peut même n'avoir lieu que vers la fin juillet (Thompson 1984). Cette ponte printanière permet de synchroniser la période de développement des larves avec celle de la production maximale de phytoplancton (Bayne 1975).

Une deuxième ponte peut survenir, principalement au cours de l'automne (Lutz et al. 1980; Poirier et Myrand 1982; Seed 1976) après la période de repos selon la disponibilité en nourriture (Rodhouse et al. 1984).

Vie Larvaire

Stade pédivéligère

Peu de temps après la fertilisation de l'oeuf qui mesure environ 0,068-0,070 mm, des cils apparaissent et la larve devient capable de se mouvoir dans l'eau (Fig. 1.8). Elle se maintient alors près de la surface où la nourriture est plus abondante et la température de l'eau plus élevée. Le développement se poursuit ensuite pendant quelques jours, puis la larve atteint le stade pédivéligère vers la taille de 0,260 mm (Fig. 1.8). Ce stade est caractérisé par le développement maximal du vélum (structure couverte de cils servant à la propulsion), le développement d'un pied fonctionnel pour la reptation, et l'apparition d'une paire d'yeux pigmentés («eyespots») (Bayne 1976). À ce stade, la larve réagit désormais négativement à la lumière tout en étant sensible à la gravité (Bayne 1964). Elle qui flottait près de la surface et faisait partie du zooplancton

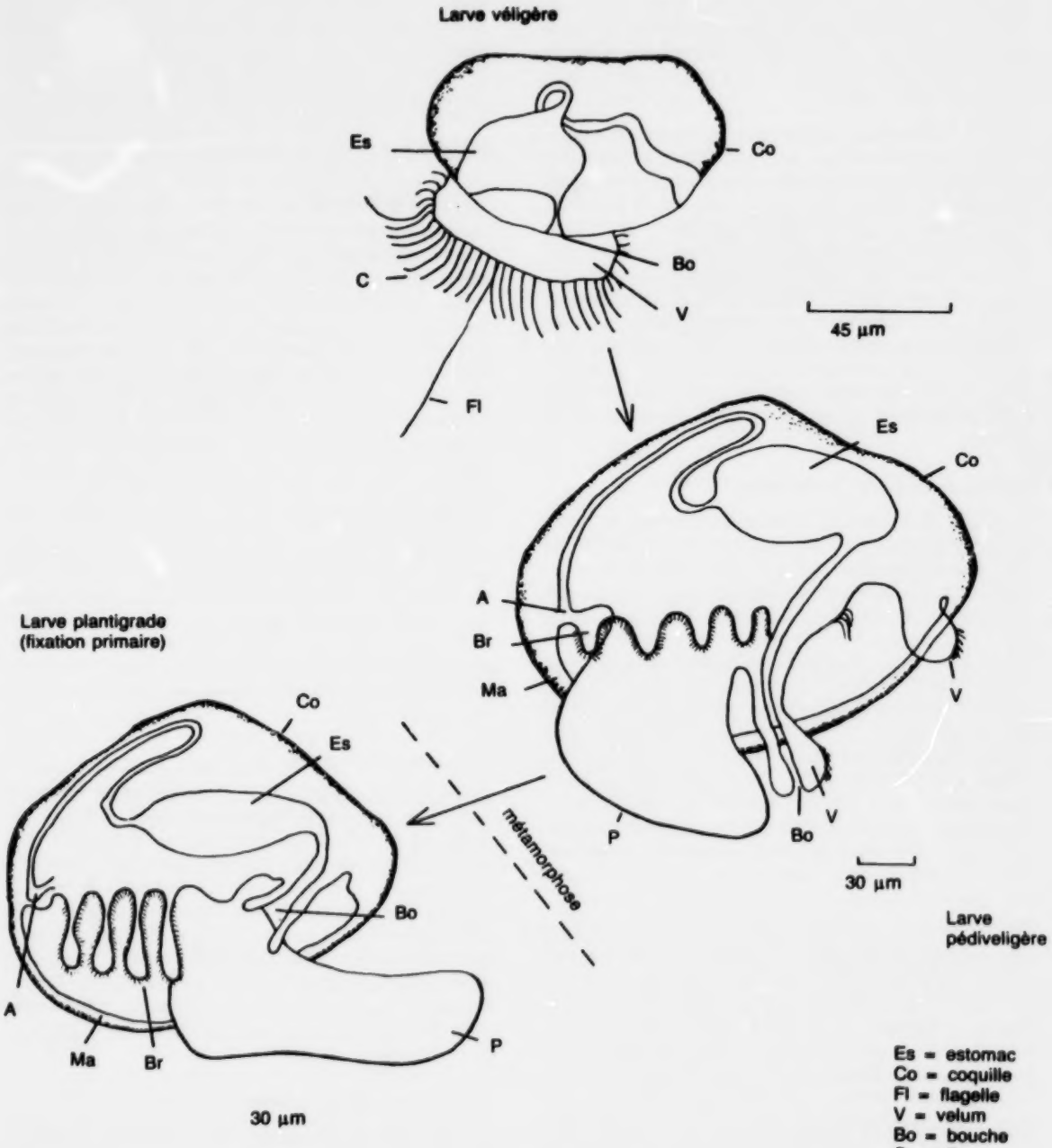


Figure 1.8
Morphologie simplifiée des grandes étapes du développement larvaire de *Mytilus edulis*.
Tiré de Dare (1980)

a donc maintenant tendance à éviter la lumière et à se diriger vers le fond. Ce comportement coïncide avec le fait que la larve devient plus sensible à certaines caractéristiques de son environnement qui peuvent dès lors stimuler sa fixation à un substrat et son adaptation subséquente au mode de vie benthique (Bayne 1965).

Son pied faisant généralement saillie, la larve pédivéligère est en mesure de s'accrocher à tout substrat adéquat qui pourrait être rencontré sur son passage (Seed 1976). Une fois posée sur le substrat, elle rétracte son vélum et se met à ramper à l'aide de son pied. Cette reptation peut se poursuivre pendant un certain temps. Si le substrat ne lui convient pas, la larve rétracte son pied et recommence à nager à la recherche d'une nouvelle surface. Si, au contraire, le substrat la satisfait, elle cesse progressivement ses mouvements de reptation et entreprend alors une métamorphose. Dès lors, elle n'est plus considérée comme une larve (Sutterlin et al. 1981).

Durée de la période larvaire

La durée de la période larvaire est directement liée à la température de l'eau, la salinité, la quantité de nourriture disponible, et la disponibilité d'un substrat adéquat. Ainsi, le développement larvaire est complètement arrêté à 5°C tandis qu'il faut compter 34-38 jours à 11°C, et seulement 16-20 jours à 16°C avec des conditions de nourriture optimales (Bayne 1965). En fait, la croissance est considérablement ralentie lorsque la température ne se situe pas entre 10 et 25°C (Hrs-Brenko et Calabrese 1969). Les mêmes observateurs font état d'une croissance optimale à 20°C avec une salinité comprise entre 25 et 30‰. Notons toutefois que la réponse de la larve à la température et à la salinité peut varier d'un endroit à l'autre selon les conditions environnementales vécues par ses parents (Bayne 1976).

Le rôle de la nourriture est clairement démontré dans une expérience où deux groupes de larves maintenues à 16°C et 30-32‰ ont été nourries avec des concentrations différentes de phytoplancton. Les larves en présence d'une nourriture abondante ont atteint le stade pédivéligère en 16 jours tandis que celles ayant accès à moins de nourriture ont mis 30 jours (Bayne 1965).

En l'absence d'un substrat adéquat, la larve pédivéligère peut retarder sa métamorphose pendant une période qui peut durer jusqu'à 6 semaines (Bayne 1965).

Survie des larves

La durée de la période larvaire a une influence directe sur la survie des larves. En effet, au cours de la période planctonique, les larves sont soumises à différents facteurs provoquant une mortalité importante: prédation, dispersion excessive par les courants et éléments physiques. En conséquence, le taux de mortalité des larves approche probablement les 99% (Bayne 1976). Aussi, plus longtemps dure la vie larvaire, plus longtemps les jeunes moules sont soumises à ces causes de mortalité.

Métamorphose et fixation

Stade plantigrade

La métamorphose est caractérisée par des changements morphologiques importants. Ainsi, le pied se développe et commence à secréter les filaments adhésifs du byssus. Le vélum et les yeux larvaires disparaissent. Il y a aussi apparition de nouvelles structures et réorganisation des organes existants dans la cavité du manteau (Fig. 1.8). La moule devient alors «plantigrade» (Bayne 1976). À partir de ce moment, les jeunes moules sont désignées par le terme plutôt général de «naissain» (Dare et al. 1983).

Fixation primaire

Jusqu'à ce qu'elle atteigne 0,400 mm, la jeune moule vit une période de «fixation primaire» où elle s'attache brièvement aux substrats filamenteux que constituent certaines algues, des colonies d'hydroïdes, des cordes fibreuses... (Dare et al. 1983; Ckamura 1986). Ainsi, la fixation de la jeune moule n'a pas directement lieu sur le banc occupé par les adultes (Seed 1969).

Fixation secondaire

Environ un mois plus tard (Chalfant et al. 1980), la moule plantigrade mesurant alors 0,5-1,5 mm retourne en phase planctonique et entreprend une migration qui la conduit au banc des adultes par attachements et détachements successifs. Elle se fixe surtout sur les byssus entre les adultes de même que sur leurs coquilles rugueuses. Éventuellement, les plantigrades peuvent même former un nouveau banc car elles recherchent un substrat plutôt ferme, rugueux, avec des aspérités où elles pourront s'attacher. Il s'agit là de la fixation secondaire (Dare et al. 1983; Sedd 1976).

Avantages de la double fixation

Ce processus impliquant une première fixation à l'écart du banc des adultes au moment où la jeune moule est encore de très petite taille procurerait deux avantages: une protection contre l'ingestion accidentelle des jeunes moules par les adultes, et une diminution de la compétition intraspécifique pour l'accès à la nourriture et l'espace disponible qui s'effectue au détriment des jeunes (Chalfant et al. 1980).

Problèmes d'une fixation trop abondante

Une fixation secondaire très abondante peut constituer un facteur de mortalité important pour les adultes alors soumis à une compétition intraspécifique intense. Dans ce cas, les adultes sur lesquels le naissain s'est fixé en abondance sont privés d'une bonne partie de la nourriture et de l'oxygène qui leur est nécessaire (Seed 1976). Une fixation très abondante peut aussi créer une compétition intense entre les jeunes moules elles-même pour l'espace disponible. Ceci est particulièrement vrai où la croissance est rapide (Seed 1976). Face à cette situation d'intense compétition le naissain garde habituellement sa capacité de déplacement par reptation jusqu'à ce qu'il atteigne la taille de 2-5 mm (Dare et al. 1983).

Prédateurs, parasites et compétiteurs

Prédateurs

Planctonophages

Durant sa vie larvaire, la moule peut être victime d'une foule de prédateurs vertébrés ou invertébrés (dont les propres membres de son espèce) qui se nourrissent de plancton. Après la fixation, elle devient la proie de nombreux organismes carnivores ou omnivores (Sutterlin et al. 1981) dont voici une liste non-exhaustive.

Oiseaux

Plusieurs espèces d'oiseaux, dont les goélands (Poirier et Myrand 1982), peuvent se nourrir de moules. Mentionnons aussi les canards plongeurs, plus particulièrement l'eider commun (*Somateria mollissima*) (Dunthorn 1971) et les différentes espèces de macreuse. (Skidmore et Chew 1985). Ces oiseaux peuvent décimer une population importante de petites moules en peu de temps (Lutz 1985). Sutterlin et al. (1981) mentionnent aussi une prédation possible par les sternes, les marmettes et le guillemot noir (*Cepphus grylle*).

Crustacés

Le crabe est un prédateur important de la moule. Toutefois, la taille maximale de la proie est fonction de sa capacité à briser la coquille; cette capacité étant elle-même liée à la taille du crabe. Les petites moules sont surtout vulnérables à cette prédation car les crabes de toutes tailles peuvent briser leur coquille tandis que seuls les gros crabes, plus puissants, peuvent s'attaquer aux moules de taille plus imposante (Seed 1976). En fait, les moules les plus vulnérables sont celles mesurant entre 15 et 25 mm, l'efficacité du crabe étant nettement diminuée à partir de 30 mm (ap Rheinalt 1986).

Au Québec, le plus important prédateur parmi ce groupe est le crabe commun (*Cancer irroratus*), très abondant près des côtes (Photo 1.2). Le homard américain (*Homarus americanus*) peut aussi se nourrir de moules (Ennis 1973).

Photo 1.2
Crabe tourteau (*Cancer irroratus*)

Étoiles de mer

Les étoiles de mer, particulièrement *Asterias vulgaris* et *Leptasterias polaris*, peuvent causer des pertes importantes (Lutz et Incze 1980; Sutterlin et al. 1981).

La taille de la proie est là-aussi fonction de la taille du prédateur. Ainsi, les moules de taille inférieure à 30 mm constituent des proies de choix pour les étoiles de mer de toutes tailles tandis que celles mesurant plus de 30 mm ne sont pas attaquées efficacement (O'Neill et al. 1983).

Des deux espèces, seule *Asterias vulgaris* passe par une phase larvaire planctonique qui aboutit à sa fixation sur un substrat (Gosner 1978). C'est pourquoi on peut la retrouver posée sur des objets éloignés du fond (Sutterlin et al. 1981). Elle est donc nettement plus redoutable que *Leptasterias polaris* pour les moules qui sont fixées sur des substrats en suspension dans l'eau.

Poissons

Les poissons de fond peuvent, à l'occasion, exercer une certaine prédation sur la moule. Parmi ceux-ci, notons la tanche-tautogue (*Tautogolabrus adspersus*) et la plie rouge (*Pseudopleuronectes americanus*) (Sutterlin et al. 1981).

Mammifères

Seed (1976) mentionne que les phoques font aussi partie des prédateurs occasionnels de la moule.

Parasites

En Amérique du Nord

Peu de parasites infectent les moules en Amérique du Nord, si ce n'est le copérode *Mytilicola intestinalis* localisé uniquement sur la côte ouest du continent (Incze et Lutz 1980; Sinderman 1977) et le crabe («pea crab») *Proctoeces maculata* sur la côte est des États-Unis. Cape Cod constitue toutefois la limite nord de la distribution de ce crabe (Incze et Lutz 1980).

Plus près de nous à l'Île-du-Prince-Edouard, un cas de mortalité importante de moules qui se produisit en janvier 1977 fut attribué à une infection par *Labyrinthomyxa marinum,* un microparasite semblable à celui qui fut trouvé dans les tissus des huîtres malades à Malpèque (Li et Clyburne 1979).

Parasites et perles

Pour le plus grand déplaisir des consommateurs, la moule abrite souvent des perles dans son manteau. Contrairement à ce qu'on pourrait croire, la présence des perles serait attribuable à un parasite plutôt qu'à un grain de sable. En effet, plusieurs éléments tendent à démontrer que la moule secréterait ses perles en réponse à la présence de trématodes parasites de l'espèce *Gymnophallus bursicola.* Le cycle de vie de ce parasite n'est pas encore très bien connu, mais il impliquerait des oiseaux aquatiques-eider commun (*Somateria mollissima*) ou macreuse à bec jaune (*Oidemia nigra*)- comme hôte définitif, et la moule bleue comme hôte intermédiaire (Lutz 1980).

La présence de perles est fonction de l'âge de la moule car il leur faut du temps pour grossir (Chalfant et al. 1980). Ainsi, il n'y a pas de formation appréciable de perles avant que la moule n'ait atteint deux ans, et il n'y en a que très peu avant l'âge de 4 ans (Lutz 1985; Sutterlin et al. 1981).

Commensaux

La coquille de *Mytilus edulis* peut servir de support à une foule d'organismes qui s'y fixent. C'est notamment le cas de *Balanus crenatus* (balanes), de *Crepidula fornicata,* d'algues de toutes sortes, de bryozoaires et même à l'occasion d'anémones et d'holothuries.

Contamination et intoxication

Contamination chimique

L'énorme pouvoir de filtration de la moule conduit à une concentration importante des produits chimiques présents dans l'eau et dans sa nourriture. Ainsi, elle est reconnue capable de concentrer plusieurs éléments chimiques dans ses tissus par un facteur variant de 100 à 10 000 fois (Farrington 1983). Il n'est donc pas étonnant qu'on s'en serve abondamment pour surveiller la qualité de l'environnement (Cossa et al. 1983; Cossa et Rondeau 1985; Farrington 1983; Goldberg et al. 1978; Greig et Sennefelder 1985; Martin 1985; Popham et al. 1980; Roberts et al. 1986).

Contamination bactérienne

De par la nature de son mode d'alimentation, la moule peut ingérer et concentrer les bactéries présentes dans l'eau. Or, si elle habite une zone polluée par des déchets domestiques (égoûts ou autres), elle est mise en présence de bactéries coliformes fécales, et possiblement de bactéries pathogènes comme *Salmonella* sp. (Brock et al. 1985; Mason 1976). Un suivi gouvernemental du niveau de contamination des mollusques filtreurs (moule et mye) permet de repérer les zones potentiellement dangeureuses pour la santé humaine afin d'en interdire la cueillette. Au Québec, ces zones sont identifiées clairement par des affiches installées près du rivage contaminé.

Intoxication

Plusieurs zones côtières sont sporadiquement sujettes à l'apparition ou à une augmentation de la présence de *Gonyaulax tamarensis:* une algue dinoflagellée microscopique produisant diverses neurotoxines. Ces toxines élaborées par les algues s'accumulent dans les moules dont la consommation devient très dangereuse pour les humains. L'intoxication est reconnaissable par ces symptômes: picotements aux lèvres et sur le bout des doigts, vertiges, difficultés respiratoires et perte d'équilibre. Dans les cas extrêmes, elle peut provoquer un arrêt respiratoire et même entraîner la mort.

Les cas d'intoxication humaine prennent le nom de PSP («Paralytic shellfish poisoning») et ont provoqué au moins 300 décès dans le monde (Yentsch et Incze 1980). Entre 1880 et 1970, les moules ont été la cause de 107 cas d'intoxication au Québec provoquant 21 morts (Medcof 1985).

Les côtes québécoises où on retrouve des mollusques toxiques sont bien connues (Beaulieu et Ménard 1985). Elles seraient même restreintes à la zone sous l'influence directe du panache combiné de la rivière Manicouagan et de la Rivière-aux-Outardes entraîné par le courant de Gaspé (Therriault et al. 1985) (Fig. 1.9). Un programme gouvernemental de surveillance permet d'identifier les zones dangereuses afin d'y interdire la cueillette des

mollusques. Là aussi, des affiches indiquent clairement l'interdiction de cueillette.

Figure 1.9
Influence possible du courant de Gaspé sur la localisation des principales zones d'intoxication des mollusques au Québec.

Adapté de Beaulieu et Ménard (1985)
Therriault et al. (1985)

Partie 2

La mytiliculture à travers le monde

Historique et situation générale

Origine

L'origine de la mytiliculture remonte vraisemblablement à plus de 750 ans. L'histoire l'attribue à un marin irlandais qui aurait fait naufrage en 1235 sur les côtes de la Baie d'Aiguillon en France (Korringa 1976). Seul rescapé, Patrick Watson entreprit de capturer des oiseaux pour se nourrir en tendant des filets au-dessus du niveau de la mer grâce à des pieux enfoncés dans la vase. Il s'aperçut bientôt qu'une grande quantité de moules se fixaient sur les pieux. La croissance et la qualité de ces moules étaient supérieures à celles des moules sauvages. En modifiant quelque peu cette technique, il développa l'élevage sur bouchot qui est encore largement employé en France (Bardach et al. 1972).

Situation mondiale

La plupart des pays européens possédant une zone littorale pratiquent la mytiliculture. Les principaux pays producteurs sont les Pays-Bas, l'Espagne, la France et le Danemark qui ont produit ensemble plus de 360 000 t.m. en 1981 (Skidmore et Chew 1985). D'autres pays sont aussi impliqués mais à une échelle moindre: Suède, Allemagne de l'Ouest, Irlande, Royaume-Uni, Italie, Yougoslavie, URSS, Norvège,... (Collinson et Rees 1978; Dare 1980; Hurlburt et Hurlburt 1980; Korringa 1976; Mason 1976; Mason et Drinkwater 1981; Loo et Rosenberg 1983; Rodhouse et al. 1984; Smit et Smit 1983). On y pratique surtout l'élevage de *Mytilus edulis* bien que sur la côte méditerranéenne on élève *Mytilus edulis* var. *galloprovincialis*. La différence entre ces deux moules est toutefois très minime car leur biologie et leur apparence extérieure sont virtuellement les mêmes (Korringa 1976).

La mytiliculture est aussi pratiquée ailleurs dans le monde tant avec *Mytilus edulis* qu'avec d'autres espèces de moules: Corée, Chine, Thaïlande, Philippines, Inde, Chili, Pérou, Vénézuéla, Mexique, Nouvelle-Zélande,... En 1981, la production mytilicole mondiale a atteint 653 000 t.m. (Skidmore et Chew 1985).

Situation nord-américaine

En Amérique du Nord, la moule est une ressource traditionnellement peu exploitée qui n'approvisionna longtemps qu'un marché ethnique restreint. L'augmentation de la consommation nord-américaine au cours des dernières années a toutefois contribué à stimuler le développement de la mytiliculture de ce côté-ci de l'Atlantique (Glude 1983). La mise au point de techniques d'élevage mieux adaptées aux conditions environnementales et socio-économiques qui prévalent ici à renforci cet intérêt. La mytiliculture est donc une activité très récente sur notre continent puisqu'elle ne débuta qu'au seuil des années 1970 (Lutz 1980).

Principes de base de la mytiliculture

L'élevage de la moule est essentiellement un processus en deux phases. Il faut d'abord se procurer des jeunes moules (naissain), puis les faire croître dans les meilleurs conditions possibles afin d'obtenir un produit de qualité dans un court délai. Ceci implique le meilleur accès possible à la nourriture (site productif, réduction de la compétition intraspécifique pour la nourriture disponible,...) et la diminution de la mortalité causée par la prédation.

Il existe deux façons de s'approvisionner en naissain. La première est la cueillette directe sur les gisements naturels. La seconde est l'utilisation de substrats artificiels appelés collecteurs. La phase de grossissement est réalisée (1) par l'ensemencement sur un fond privé qui offre généralement de meilleures conditions de croissance que le banc naturel, (2) par la poursuite de la croissance directement sur les collecteurs, ou (3) par l'utilisation de supports favorables à une croissance rapide (bouchot, boudins et cordes d'élevage).

Le tableau 2.1 résume les combinaisons possibles des alternatives de chacune des deux phases. Jusqu'à maintenant, toutes ces combinaisons sauf une ont donné naissance à des techniques d'élevage différentes. Cette diversité de techniques a permis d'utiliser des environnement physiques et climatiques très variés à des fins mytilicoles. Les techniques aujourd'hui en usage dans le monde peuvent, en fait, être rassemblées en trois grands groupes:

(1) Élevage sur le fond
(2) Élevage sur bouchot
(3) Élevage en suspension sur: structures fixes
radeaux
lignes flottantes

Tableau 2.1
Différentes alternatives liées à l'élevage de la moule.

Approvisionnement en jeunes moules	Grossissement des moules
Cueillette sur les bancs naturels	Ensemencement sur un fond privé
	Croissance sur un support approprié (bouchot, boudin d'élevage)
Captage sur des substrats artificiels (collecteurs)	Ensemencement sur un fond privé*
	Croissance directe sur les collecteurs
	Croissance sur un support approprié (bouchot, boudin d'élevage)

* Possibilité non-exploitée actuellement

Élevage sur le fond

Introduction

L'élevage sur le fond existe dans la Mer du Nord depuis plus de 300 ans (Hurlburt et Hurlburt 1980). Les Pays-Bas sont les plus grands producteurs au monde avec un production annuelle de plus de 100 000 t. provenant exclusivement d'élevage sur le fond. Le Danemark est aussi un important producteur de moules d'élevage sur le fond (Skidmore et Chew 1985). Aux U.S.A., la production mytilicole actuelle de la Nouvelle-Angleterre (surtout Maine) provient exclusivement de l'élevage sur le fond (Burrell 1983).

Puisque la région du Waddenzee fournit 60-70 % de la production néerlandaise (Korringa 1976), la technique qui y est en usage va servir de modèle de base pour la description de cette technique d'élevage.

Principes généraux

Le naissain se fixe souvent en grande abondance dans des zones où la survie et surtout la croissance sont faibles. Les jeunes moules sont alors récoltées sur ces gisements, triées, et ensuite répandues sur des concessions privées qui offrent de meilleures conditions de croissance. Le contrôle de la densité des moules sur le fond est un des facteurs permettant une croissance accélérée. Un entretien des fonds s'avère souvent nécessaire pour réduire la prédation et autres sources de perte des moules.

Au cours du processus de récolte par dragage, les moules emprisonnent souvent de la vase en refermant leurs coquilles. Ceci diminue évidemment beaucoup leur valeur commerciale. Elles sont alors redéposées sur un fond ferme de la zone intertidale ou dans un bassin d'épuration où elles pourront se nettoyer d'elles-mêmes en filtrant une eau claire.

Site d'élevage type

Le Waddenzee est une zone de la Mer du Nord qui est partiellement abritée par des îles du côté nord-ouest, et endiguée du côté sud-ouest (Fig. 2.1). Les zones mytilicoles sont situées à faible profondeur: 3-6 m (Hurlburt et Hurlburt 1980). Les fonds sont constitués d'un mélange où le sable et le limon prédominent. L'amplitude de la marée peut atteindre 2 m et générer des courants de 50-220 cm/s (Korringa 1976). Les vagues dépassent rarement 3 m de hauteur.

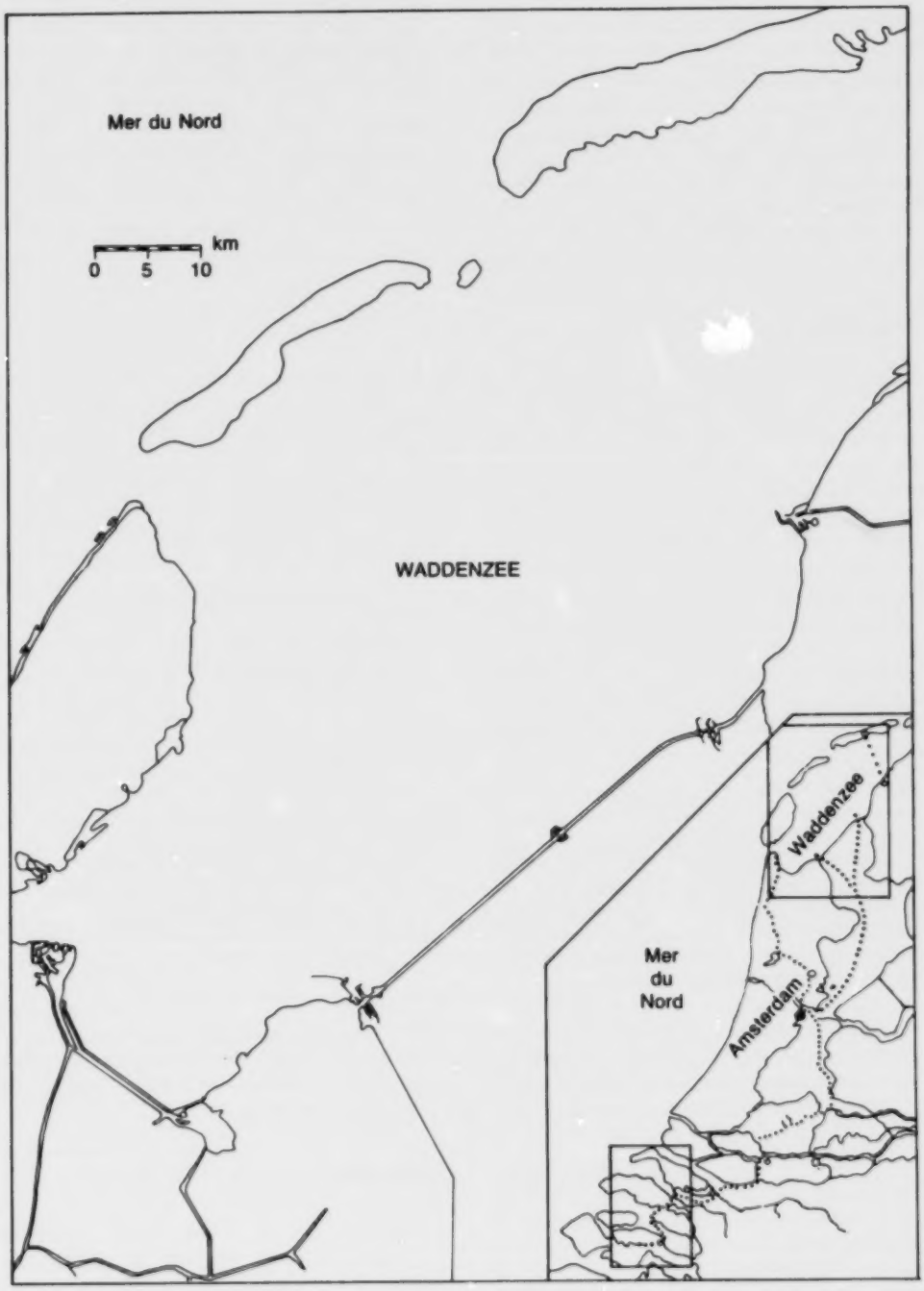


Figure 2.1
Région mytilicole du Waddenzee aux Pays-Bas (élevage sur le fond).
Tiré de Korringa (1976)

La température de l'eau varie de 0-5°C en hiver à 19-21°C en été. Occasionnellement, un couvert de glace peut apparaître pendant quelques semaines indiquant que la température est descendue jusqu'à -1,5°C. La salinité varie entre 22 et 32 ‰ avec une moyenne de 28 ‰. La concentration en phytoplancton peut varier entre 20 et 250 µg chlorophylle-a/L selon la saison (Korringa 1976).

Approvisionnement en naissain

L'approvisionnement en naissain est réalisé à l'aide de bateaux qui vont draguer sur des bancs naturels publics. La cueillette de naissain est réglementée par le gouvernement et n'a lieu que lorsque les moules atteignent la taille de 5 à 10 mm. Le naissain est alors suffisamment résistant pour supporter la transplantation. La récolte s'étend sur une période de 2-3 semaines à la fin du printemps ou au début de l'été.

Ensemencement des fonds

Un fond propice à l'ensemencement est idéalement constitué d'un mélange égal de sable et de limon (Skidmore et Chew 1985). Les fonds de vase molle ou de sable grossier sont à éviter car les moules ont tendance à s'enfoncer dans le substrat dans le premier cas, tandis qu'elles ont de la difficulté à bien se fixer sur le fond dans le second cas.

La quantité du naissain ensemencé sur les fonds dépend de sa taille. Si le naissain mesure de 5 à 7,5 mm, il est épandu à raison de 20 t/ha. S'il mesure environ 10 mm, la densité d'ensemencement est plutôt des 35 t/ha (Skidmore et Chew 1985). Cette opération est maintenant mécanisée de sorte qu'un navire transportant 60 t.m. de naissain est vidé de son contenu en une heure (Korringa 1976).

Les fonds sont délimités en lots de 200 × 500 m. Généralement, seulement la moitié des surfaces disponibles est ensemencée. L'autre moitié est réservée pour d'éventuels transferts de moules si la croissance est insatisfaisante ou si la densité devient trop élevée sur les lots déjà ensemencés (Korringa 1976).

Surveillance et entretien des lots

Il faut veiller à ce que la densité des moules ne soit pas trop grande. Aussi, une inspection routinière des fonds à l'aide d'une perche permet de mettre en évidence des signes de surpopulation: crêtes ou dômes formés par les moules. Dans ce cas, une partie des moules doit être transférée ailleurs pour maintenir la densité au niveau optimal: 8 kg/m^2 (Korringa 1976).

Un contrôle des étoiles de mer peut s'avérer nécessaire si leur nombre devient trop important. Si les astéries sont plutôt de petite taille, on s'en débarrasse en draguant les moules et en les plaçant pendant un certain temps dans des bassins auxquels on ajoute du sel (50 kg de sel pour 10 000 kg de moules). Si les astéries de grande taille abondent, il vaut mieux «travailler» les fonds. Des rouleaux de bois suivis par des filets sont roulés sur les fonds. Ceci permet d'enlever les étoiles de mer sans déranger les moules (Korringa 1976).

Un des effets de l'activité de filtration des moules est la production abondante de limon qui se dépose sous les moules. Ce limon peut causer des problèmes en réduisant la profondeur de l'eau et la vélocité du courant (source d'approvisionnement de nourriture) au site d'élevage. Les moules posées sur cette épaisse couche de vase molle sont aussi plus facilement emportées par les courants de marée. Le fond peut être nettoyé de cette vase à l'aide d'une herse à chaînes (Korringa 1976).

Récolte

Le dragage des fonds permet de récolter jusqu'à 10 000 kg de moules commerciales par heure. Toutefois, les sédiments remis en suspension par le dragage créent des nuages de limon et de sable qui sont filtrés par les moules. Récoltées immédiatement, elles n'ont pas la possibilité de se débarrasser de ces particules emprisonnées à l'intérieur de leur coquille et leur qualité en est grandement réduite. Elles sont alors transférées sur des lots d'épuration (Korringa 1976).

Les lots d'épuration sont localisés dans des zones bien abritées situées haut dans la zone intertidale. Ils sont caractérisés par un fond de sable grossier difficile à remettre en suspension. En filtrant cette eau claire, les moules peuvent alors se purger des particules retenues à l'intérieur de leur coquille. Une seule journée suffit aux moules pour se nettoyer. Leur séjour est cependant d'une durée de 3-8 jours pour leur permettre de reprendre de la vigueur avant leur envoi sur le marché (Korringa 1976; Skidmore et Chew 1985). Les lots d'épuration servent aussi de viviers naturels en attendant l'expédition des moules. De grands bassins d'épuration sont maintenant construits spécialement pour le nettoyage des moules (Hurlburt et Hurlburt 1980).

Les moules de qualité commerciale supérieure mesurent 60-70 mm. Vingt mois suffisent pour atteindre la taille de 70 mm (Hurlburt et Hurlburt 1980). Le rendement est de 80 t/ha (Korringa 1976).

Avantages et inconvénients

L'élevage des moules sur le fond a l'avantage d'être invisible car il ne requiert pas d'installations particulières sur l'eau. Cette technique demande relativement peu de travail. Elle peut même être hautement mécanisée.

En revanche, cette technique requiert de grandes superficies puisque seuls les fonds sont utilisés. Seuls certains fonds présentent les caractéristiques qui les rendent propices à l'élevage sur le fond. De plus, les conditions de croissance offertes par ce

mode d'élevage ne sont pas optimales malgré qu'elles soient meilleures que sur les bancs naturels. Ainsi, les moules n'ont accès qu'à la nourriture disponible tout près du fond. Leur position les rend vulnérables à l'envasement et à la prédation par les astéries et les crabes. L'approvisionnement en naissain à partir des bancs naturels peut aussi se révéler problématique les années où la fixation est médiocre sur les gisements. Cette situation de pénurie de naissain se présente d'ailleurs environ tous les cinq ans dans le Waddenzee (Korringa 1976).

Figure 2.2
Zones mytilicoles françaises: élevage sur bouchots sur les côtes de la Manche et de l'Atlantique, et élevage en suspension sur support fixe dans l'Étang de Thau.
Tiré de Marteil (1979)

Élevage sur bouchots

Introduction

L'élevage sur bouchots est la première technique mytilicole à avoir été développée. Ce mode d'élevage est pratiqué exclusivement en France, et fournit environ 75 % de la production française. Il existe deux grandes zones de production: la Manche (Normandie et nord de la Bretagne) et la côte atlantique (Pays de la Loire et Poitou-Charente) (Fig. 2.2). La région entourant La Rochelle est le centre de production le plus important puisqu'on y retrouve le tiers des bouchots (Marteil 1979). Aussi, la technique en usage dans cette région servira en grande partie comme modèle.

Principes généraux

Un bouchot est une ligne de pieux plantés dans la zone intertidale. Les pieux peuvent servir autant au captage qu'à la croissance des moules. Dans certains cas, le bouchot est spécialisé pour l'une ou l'autre de ces fonctions: bouchot à naissain ou bouchot d'élevage. Une bonne portion du bouchot, et par conséquent des moules qu'il supporte, est à découvert à chaque marée basse.

Le captage est aussi assuré par la mise en place de cordes en fibres naturelles reliant les pieux entre eux. Une fois garnies de naissain, les cordes sont coupées en sections puis enroulées autour des pieux d'élevage. Les jeunes moules sont alors en mesure de poursuivre leur croissance dans des conditions favorables.

Les pieux qui deviennent trop chargés par suite de la croissance des moules sont récoltés progressivement. Cependant, ils peuvent aussi être délestés d'une partie de leurs moules qui sont ensuite transférées sur d'autres pieux jusqu'à ce qu'elles atteignent la taille commerciale.

Site d'élevage type

Les zones d'exploitation sont caractérisées par de grandes plages qui s'avancent vers la mer et rendent possible la mise en place des bouchots. Elles sont donc exposées aux tempêtes et autres caprices de la nature (Hurlburt et Hurlburt 1980). Le substrat est constitué de sable ou de vase, ce qui permet l'enfoncement des pieux. L'amplitude de la marée peut atteindre 3 m sur la côte atlantique et, quelques fois, dépasser 15 m sur La Manche (Hurlburt et Hurlburt 1980; Korringa 1976). Dans la région de La Rochelle, la vitesse maximale du courant est de l'ordre de 100-150 cm/s (Korringa 1976).

La température peut varier au cours de l'année entre 4 et 24°C. Il n'y a donc jamais de couvert de glace. La salinité se situe généralement entre 29 et 34 ‰ bien qu'en certains endroits, elle puisse descendre aussi bas que 15-16 ‰ après de fortes pluies (Korringa 1976).

Organisation d'un bouchot

Le pieu est fait de chêne non-écorcé car ce matériau résiste bien aux attaques des tarets. La durée de vie utile d'un tronc n'est néanmoins que de 6 à

8 ans (Dardignac-Corbeil 1975). Il mesure 4-6 m de longueur selon la profondeur du site, et 12 à 25 cm de diamètre. La moitié du tronc est enfoncée dans la vase, l'extrémité la plus mince étant dirigée vers le bas (Marteil 1979). Les moules ne couvrent qu'une portion d'environ 1,5-2,5 m à l'extrémité supérieure du pieu. Une bande de plastique d'environ 30-50 cm de largeur entoure la base du pieu afin de prévenir la montée de prédateurs comme les crabes (Bardach et al. 1972).

Les pieux sont placés en lignes parallèles, chaque ligne constituant un bouchot. Le bouchot est orienté perpendiculairement à la côte ou dans le sens du courant. De nombreux règlements tenant compte de la nature du fond, de la force du courant, de la richesse en éléments nutritifs..., régissent cette activité. Ainsi, un bouchot mesure environ 100 m de long et comprend 130-180 pieux sur la côte de La Manche, tandis qu'il ne mesure que 50-60 m et ne compte que 80-90 pieux sur la côte atlantique. Une distance minimale de 25 m doit séparer chaque bouchot (Marteil 1979).

La mise en place de nouveaux pieux a lieu au cours des 3-4 premiers mois de l'année. Les troncs spécialement destinés au captage sont placés au moins 3 mois avant la période prévue de la fixation des larves. Ceci permet la colonisation préalable des nouveaux pieux par les salissures marines (surtout l'hydraire *Tubularia mytiliflora*) sur lesquelles se fixent d'abord les petites moules (Dardignac-Corbeil 1975).

Approvisionnement en naissain

Le captage du naissain se produit généralement au cours de la période comprise entre mars et juin. La fixation des larves a lieu directement sur les pieux où elles poursuivent ensuite leur croissance. Dans certains cas toutefois, des bouchots servent exclusivement au captage. Ce sont les «bouchots à naissain».

Depuis le début des années '60, le captage est aussi réalisé à l'aide de cordes en fibres de coco tendues entre les pieux (Marteil 1979). Les cordes sont fixées entre les pieux en mars-avril. Elles sont clouées de chaque côté des pieux d'un même bouchot à naissain ou fixées sur des perches transversales reliant deux bouchots à naissain parallèles (Fig. 2.3). Dans le premier cas, les cordes sont clouées à 12 niveaux différents. Dans le second, les perches transversales sont placées sur deux niveaux portant chacun 25 cordes (Marteil 1979).

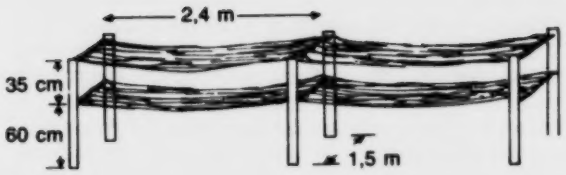


Figure 2.3
Cordes en fibres de coco fixées sur des perches transversales reliant deux bouchots parallèles.
Tiré de Skidmore et Chew (1985)

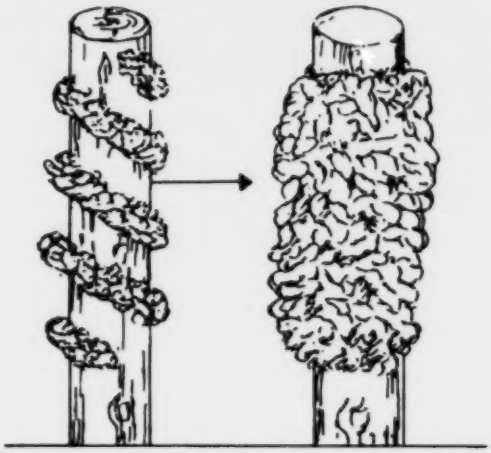


Figure 2.4
Corde en fibres de coco fraîchement enroulée (gauche) autour d'un pieu d'élevage et la résultante quelque temps plus tard (droite).
Tiré de Skidmore et Chew (1985)

Élevage

Les cordes peuvent être utilisées pour garnir les bouchots qui n'étaient pas encore débarrassés des moules de l'année précédente et, de ce fait, n'ont pu capter convenablement. Les cordes sont alors coupées en sections de 3-5 m de longueur, et enroulées autour des pieux des bouchots d'élevage (Fig. 2.4). En se développant, les jeunes moules vont s'y fixer (Marteil 1979).

La majeure partie des cordes sert toutefois à approvisionner en naissain la région du nord (La Manche) beaucoup moins favorisée par le captage. Le fort courant de marée qui prévaut dans cette région empêche la fixation du naissain sur les collecteurs (Hurlburt et Hurlburt 1980).

Les moules ne doivent pas être laissées trop longtemps sur les bouchots à naissain où elles se sont fixées directement. Au fur et à mesure qu'elles grossissent, les moules tendent à former des paquets qui, en s'écartant du pieu, risquent de tomber sur le sol où ils seront perdus (Korringa 1976). Un éclaircissement s'avère donc nécessaire car la trop forte densité des moules ne peut que résulter en un ralentissement de leur croissance. On procède alors au remuage qui consiste à récolter les paquets de moules prêts à se détacher. Cette opération se déroule quelques mois après la fixation du naissain soit de juillet à décembre (Dardignac-Corbeil 1975).

Ces moules sont transférées sur les bouchots d'élevage qui sont placés plus près du rivage. Pour ce faire, elles sont mises dans des filets tubulaires en nylon à l'aide d'un entonnoir placé sur un trépied. Une fois remplis, les boudins mesurent environ 10-12 cm de diamètre et 5 m de longueur. Les boudins sont enroulés autour des pieux de la même façon que les cordes de coco remplies de naissain (Korringa 1976).

Récolte

La saison de récolte s'étend du 1 mai au 1 février (Korringa 1976). Elle est faite manuellement, à l'aide d'une pêchoire (sorte de panier en grillage au bout d'un long manche), ou encore mécaniquement. Un pieu est généralement pêché en plusieurs fois en commençant par les paquets de grosses moules qui sont sur le point de tomber. Ceci permet aux moules plus petites qui sont restées sur le tronc de croître à leur tour (Marteil 1979). Lorsque les dernières moules ont été récoltées, le pieu est gratté afin d'être prêt pour le captage ou la mise en place d'un nouveau boudin (Dardignac-Corbeil 1975).

Les moules atteignent la taille commerciale de 40-60 mm à l'âge de 12 à 20 mois. Le rendement commercial d'un pieu varie entre 15 et 40 kg, avec une moyenne d'environ 25 kg (Marteil 1979).

Avantages et inconvénients

L'élevage sur bouchot permet de tirer profit des trois dimensions du site d'élevage avec l'utilisation de toute la colonne d'eau disponible. Sans contact direct avec le sol, les moules ne contiennent pas de sédiments emprisonnés dans leur coquille. Les moules mises à découvert à chaque marée basse développent une meilleure résistance à l'émersion ce qui se traduit par une meilleure survie et un allongement de la durée de vie étagère.

Par contre, les moules ne peuvent pas s'alimenter lorsqu'elles sont émergées à marée basse. Leur croissance en souffre. De plus, les bouchots favorisent l'envasement et l'ensablement des sites en ralentissant les courants. Cette technique demande beaucoup de travail, et donc une main d'oeuvre abondante. Le matériel est coûteux, tout comme la lutte aux prédateurs et l'achat de naissain (si nécessaire).

Élevage en suspension

Introduction

La mise en élevage en suspension des moules consiste essentiellement à suspendre les jeunes moules dans la colonne d'eau à partir d'une structure en surface qui peut être fixe ou flottante. Les conditions particulières qui prévalent dans chacune des grandes régions mytilicoles ont abouti au développement de différentes variantes d'élevage en suspension. Ces variantes peuvent être regroupées en 3 grandes catégories selon le support utilisé: support fixe, radeau, et ligne flottante.

Principes généraux

Les jeunes moules obtenues par captage ou cueillette sont suspendues dans la colonne d'eau à une certaine distance du fond. Elles peuvent être suspendues à partir d'une structure fixe ou flottante (radeau ou ligne flottante) selon le cas. La croissance peut se poursuivre directement sur les collecteurs, mais dans la plupart des cas, elle se déroule sur des supports en corde (corde d'élevage) ou en filet (boudin, corde marseillaise).

Sur support fixe

Introduction

Les installations fixes exigent des eaux peu profondes (10 m) et une marée peu importante qui ne génère que de faibles courants. Aussi, ne les trouve-t-on qu'en Méditerrannée, principalement en Italie et en France (Korringa 1976; Marteil 1979). Deux types d'élevage sur support fixe seront décrits sommairement. L'un est pratiqué dans l'Étang de Thau (Fig. 2.2) qui fournit environ le quart de la production française (Marteil 1979), l'autre dans le Golfe de la Spezia en Italie (Fig. 2.5).

Sites d'élevage type

L'Étang de Thau est un bassin ayant très peu de contact avec la mer (Fig. 2.6). Aussi, l'influence des marées est très faible car son amplitude n'est que de 2-5 cm. Le vent joue donc un rôle important

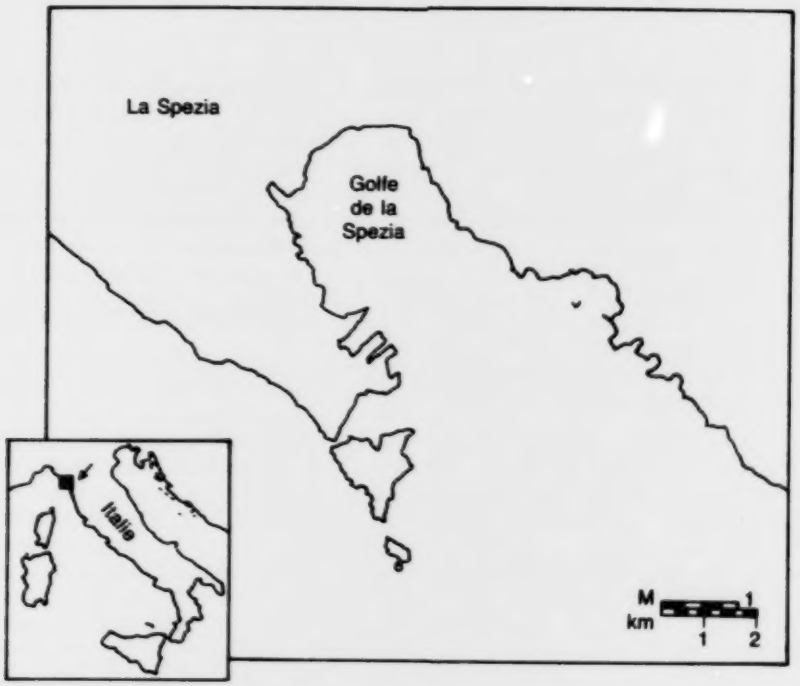


Figure 2.5
Région mytilicole du Golfe de La Spezia en Italie (élevage en suspension sur support fixe).
Tiré de Collinson et Rees (1978)

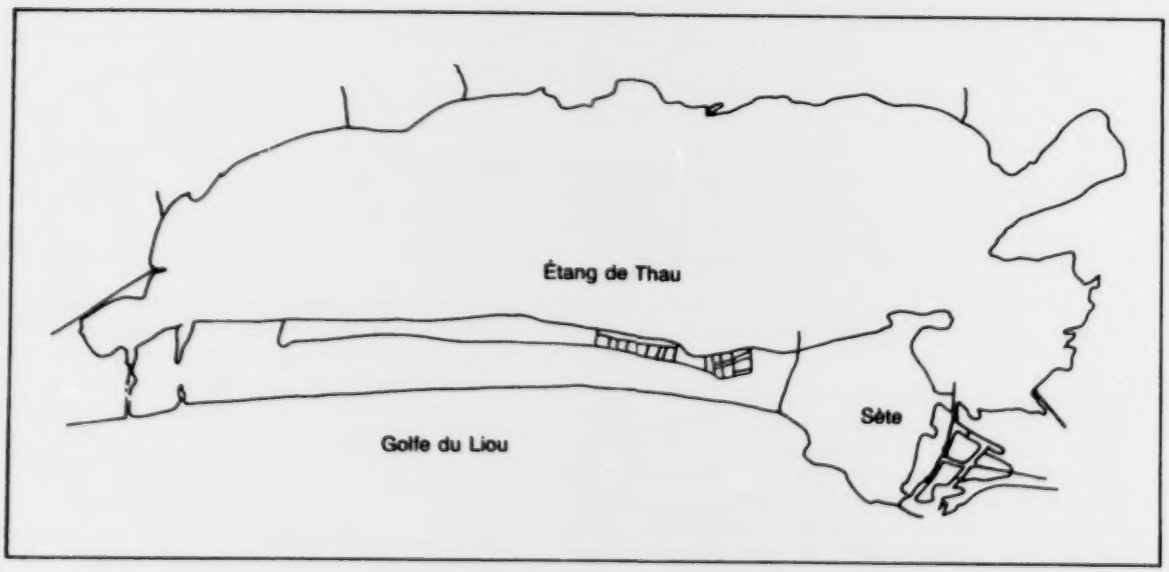


Figure 2.6
Étang de Thau en France (élevage en suspension sur support fixe).
Tiré de Namon et Tournier (1981)

puisqu'il peut provoquer des dénivellations de la masse d'eau de 30 à 50 cm après 2-3 jours de manifestation soutenue. Le renouvellement global de la masse d'eau est donc peu important. Les courants peuvent atteindre 10-20 cm/s (Audouin 1962). Les fonds plutôt mous ont une profondeur de 6-9 m (Marteil 1979). La salinité de l'eau est élevée et oscille entre 31 et 39 ‰. La température minimale est de 0-5°C et la maximale d'environ 25°C (Poirier 1974 a).

Les fonds du Golfe de la Spezia sont vaseux et donc impraticables pour l'élevage sur le fond. La profondeur des sites mytilicoles varie entre 5 et 8 m. Comme partout ailleurs dans la Méditerranée, l'amplitude de la marée est faible, et les vents jouent souvent un rôle plus important qu'elle. En conséquence, la vitesse du courant est de l'ordre de 5-10 cm/s. La température de l'eau varie entre 11 et 25°C tandis que la salinité est stable à 37-38 ‰ (Korringa 1976). La concentration estivale en phytoplancton y varie entre 6 et 25 ug/l tandis qu'elle est bien inférieure à 5 ug/l en hiver (Canzonier 1986).

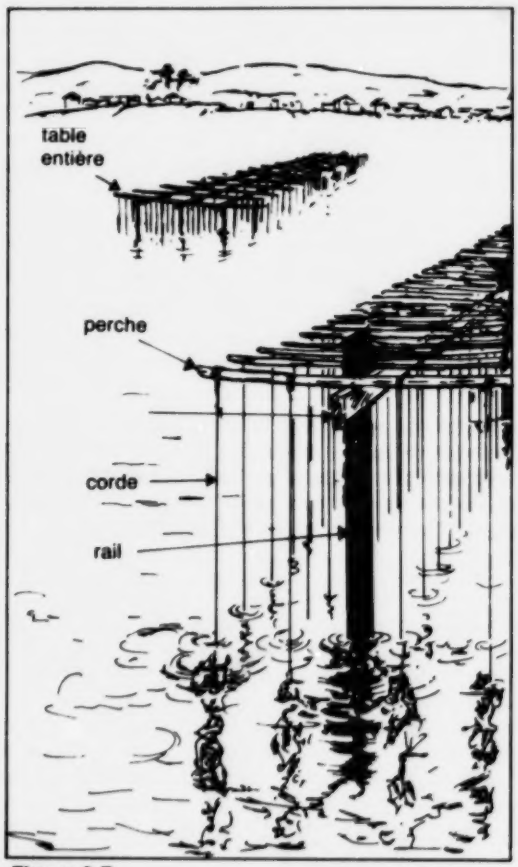


Figure 2.7
Table d'élevage utilisée dans l'étang de thau.
Tiré de Mamon et Tournier (1981)

Installation des supports fixes

Dans l'Étang de Thau, les supports sont des tables constituées de 3 rangées de 11 pieux métalliques plantés dans le substrat. Ces pieux espacés de 4-5 m les uns des autres sont généralement des rails de chemin de fer. Les pieux d'une même rangée sont reliés par des madriers sur lesquels sont posées des perches transversales de 10-12 m de longueur (Fig. 2.7). Une distance d'au moins 1 m sépare deux perches voisines. La table mesure 50 m de longueur et 10-12 m de largeur (Marteil 1979).

Les sites mytilicoles de la baie de Spezia sont divisés en parcs, chacun occupant une surface de 400 à 2 000 m^2. Un parc est divisé en «camera» ou sections de 5 × 5 m délimitées par un pieu enfoncé à chaque coin. Les pieux de bois ou de métal mesurent 13-18 m de longueur dépendant de la profondeur du site, et sont enfoncés de 2 m dans le substrat (Fig. 2.8). Chaque pieu placé à la périphérie du parc est renforcé par un ou deux autres pieux placés en position oblique. Les pieux de chaque «camera» sont reliés entre eux par des câbles de polyéthylène (Fig. 2.9) tendus au niveau de l'eau. Les cordes placées en diagonales servent de support à 9 boudins chacune tandis que celles délimitant le périmètre de la «camera» en supportent 6 à 8 chacune (Korringa 1976).

Approvisionnement en naissain

Il n'y a pas d'opération de captage proprement dite dans l'Étang de Thau. Les mytilicuteurs récoltent le naissain fixé sur les rails mais cela ne suffit pas. L'approvisionnement en jeunes moules provient donc surtout de la cueillette d'individus mesurant 20-30 mm sur les bancs naturels (Marteil 1979).

Dans la baie de la Spezia, 90 % de l'approvisionnement en naissain provient du captage qui est obtenu en tendant horizontalement au pourtour du parc un ou deux câbles de polyéthylène de 25 mm de diamètre. Les collecteurs sont placés en décembre à une profondeur d'environ 50-70 cm de la surface. La récolte du naissain se déroule d'avril à septembre (Korringa 1976).

Élevage

Dans l'Étang de Thau, les moules sont placées dans des filets tubulaires en nylon dont la maille dépend de la taille des individus. Pour éviter de mettre un trop grand nombre de moules par boudin, et pour qu'elles ne glissent pas vers le bas, on étrangle celui-ci à intervalles réguliers de façon à enfermer les moules dans des poches séparées les unes des autres. Lorsque les moules atteignent 30-40 mm, elles deviennent trop tassées et sont alors tranférées (dédoublées) dans les cordes marseillaises (Hamon et Tournier 1981; Marteil 1979).

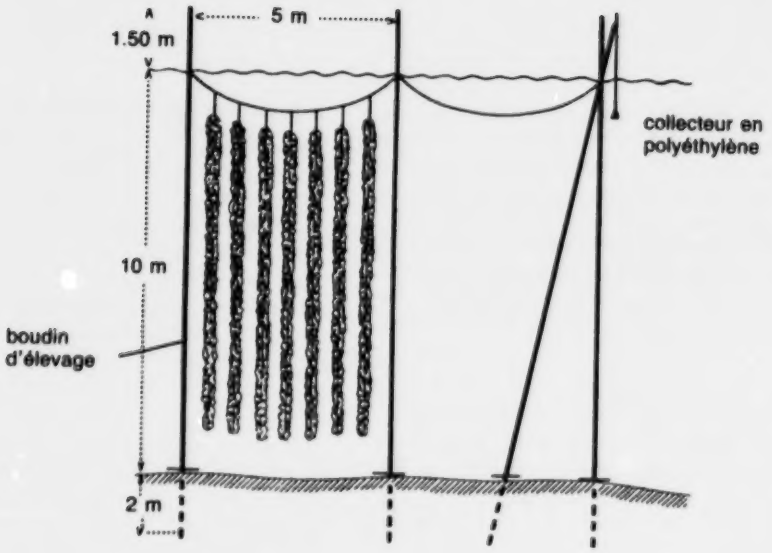


Figure 2.8
Section d'un parc d'élevage («camera») dans le Golfe de la Spezia
Tiré de Korringa (1976)

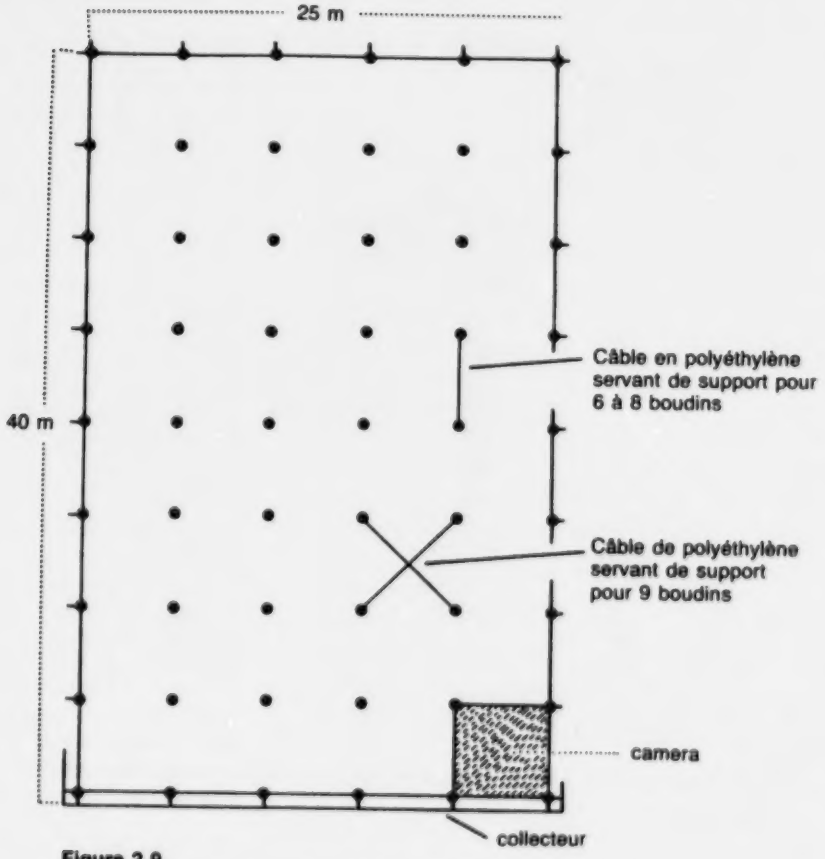


Figure 2.9
Schéma d'un parc d'élevage en usage dans le Golfe de la Spezia
Tiré de Korringa (1976)

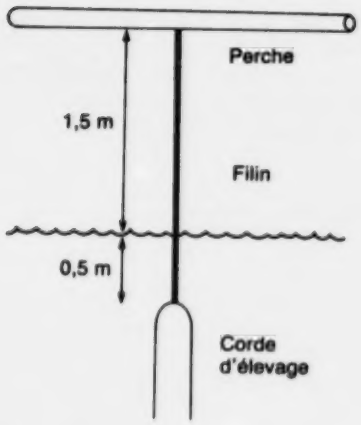


Figure 2.10
Mode de suspension de la corde marseillaise à partir de la table d'élevage.
Tiré de Marteil (1979)

Les cordes marseillaises sont fabriquées avec des bandes de filet en nylon de 22-25 cm de largeur dont les mailles mesurent de 3-5 cm. Le filet est étendu sur une table et recouvert d'une bande de papier de largeur analogue. Les moules en grappes sont ensuite déposées sur le papier. Le filet est finalement fermé à l'aide d'un fil de nylon. Le rôle de la bande de papier est de retenir les moules à l'intérieur du filet durant la courte période nécessaire à leur fixation par leur byssus. Une corde marseillaise mesure entre 2,5 et 6 m de longueur selon la profondeur de l'eau (Marteil 1979).

Une table supporte entre 800 et 1 300 cordes marseillaises suspendues au bout d'une corde de façon à être immergées 50 cm sous la surface (Fig. 2.10) (Marteil 1979).

Dans la baie de la Spezia, la naissain sert à remplir des sections de filet tubulaire en nylon mesurant 4-8 m de longueur. Le remplissage est effectué à l'aide d'un bout de tuyau de plastique servant d'entonnoir. Le maillage du filet tout comme la quantité de naissain par boudin (1 à 3 kg/m) varient avec la taille des moules (Korringa 1976).

Les boudins sont suspendus aux cordes des «camera» à tous les 60-70 cm. Quand un boudin atteint le poids de 30 kg, il est défait et les moules sont mises dans de nouveaux filets à maillage plus gros. Si le boudin devient trop couvert de salissures marines, il est suspendu hors de l'eau pendant près de 24 heures (du début de l'après-midi au lendemain matin). L'action du soleil (chaleur et dessiccation) tue alors ces organismes nuisibles (Korringa 1976).

Récolte

Dans l'Étang de Thau, les moules atteignent la taille commerciale de 60-80 mm un an après leur mise en boudins. Le rendement d'une corde marseillaise est d'environ 8 kg/m (Marteil 1979).

Dans la baie de la Spezia, la taille commerciale de 50-60 mm est atteinte au cours du second été, soit lorsque les moules atteignent un an et demie. Un boudin moyen fournit un rendement de 5-6 kg/m. Ainsi, un parc de 1 000 m² donne une production commerciale annuelle de 20-30 t. (Korringa 1976).

Sur radeau

Introduction

L'élevage en suspension à partir de radeaux a débuté en Espagne, dans les baies de Galicie appelées «rias», au lendemain de la seconde guerre mondiale (Bardach et al. 1972) et a connu depuis lors un développement prodigieux. L'Espagne fut même le premier pays producteur de moules au milieu des années '70 avec une production annuelle de 130 000 t. Toutefois, l'addition de 3 000 radeaux dans les «rias» a provoqué une chute spectaculaire de la production qui n'atteignit que 50 000 t vers 1980. Depuis, la production a augmenté pour atteindre environ 100 000 t par année (Skidmore et Chew 1985). Le Ria de Arosa va servir de modèle avec ses 2 000 radeaux qui fournissent plus de la moitié de la production espagnole (Tenore et al. 1982).

Site d'élevage type

Le Ria de Arosa est une baie profonde semblable à un fjord (Lapointe et al. 1981) mesurant 25 km de long avec une profondeur pouvant atteindre 60 m, bien que la moyenne soit de 19 m (Fig. 2.11). La portion la plus intérieure de la baie est caractérisée par un fond de vase molle résultant de la sédimentation de matériaux provenant de la rivière Ulla. Par contre, la portion qui est près de la mer reçoit moins de sédiments de sorte que la côte est formée de rochers exposés. L'amplitude des marées peut atteindre 3,5 m et générer des courants de 50 cm/s. Le vent peut aussi jouer un rôle important en provoquant un déplacement de la masse d'eau qui peut atteindre 40 cm (en plus ou en moins). Le courant généré par la marée et les vents peut donc varier entre 5 et 91 cm/s (Korringa 1976).

La température en surface se situe entre 10 et 20°C au cours de l'année tandis qu'elle est assez stable en profondeur, oscillant entre 11 et 13°C. La sali-

nité est de 36 ‰ en profondeur et 30-35 ‰ en surface. La production importante de moules dans ces eaux est dûe à la présence intermittente d'un upwelling d'eau profonde riche en éléments nutritifs pour le phytoplancton. Ainsi, les Rias sont caractérisés par des pics de phytoplancton (20 mg chlorophylle-a par m^2) au cours du printemps et de l'automne (Tenore et al. 1982). La productivité primaire varie entre 1,1 et 16,6 mg C/L•h avec une moyenne de 10,5 mgC/l•h (Lutz 1985).

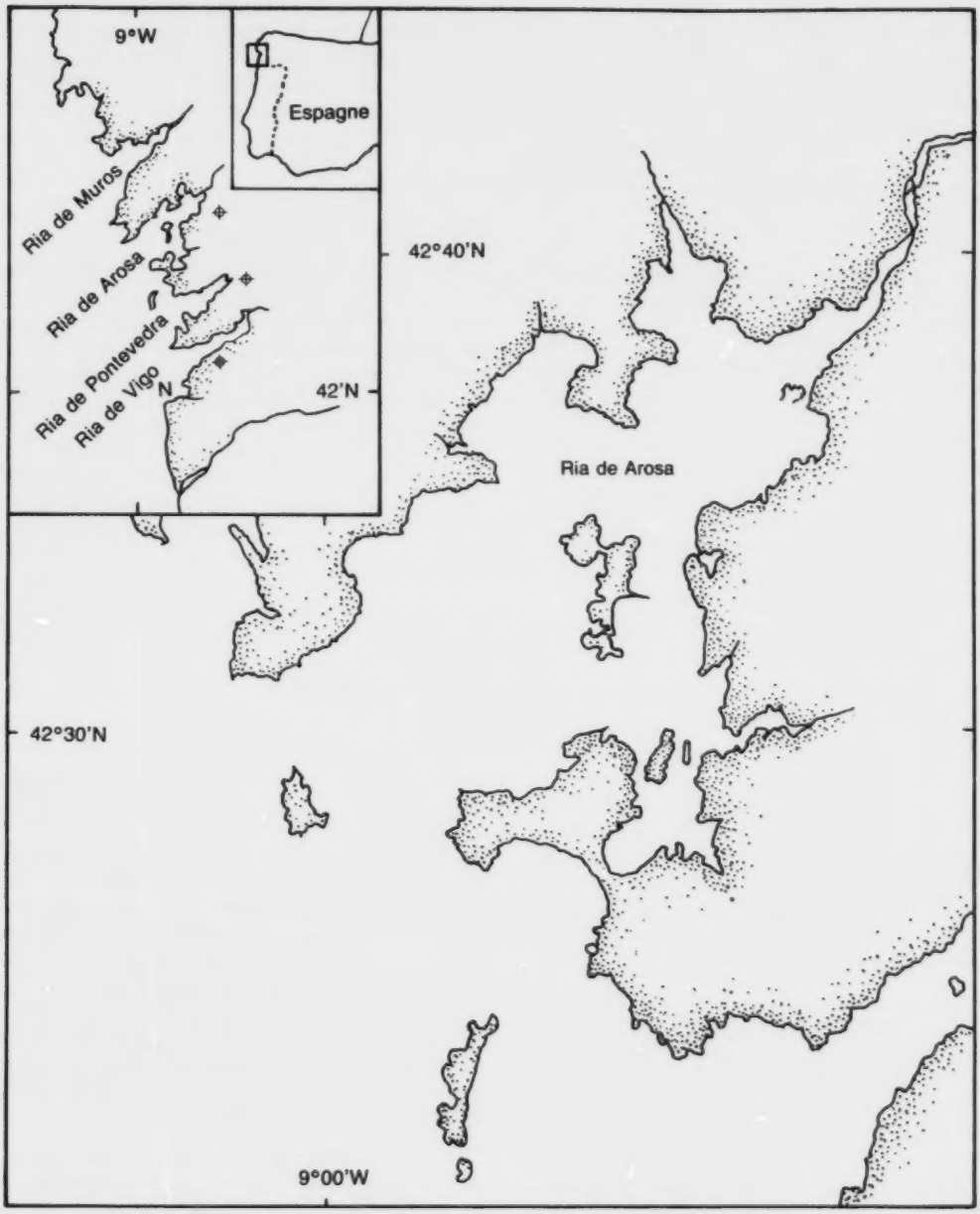


Figure 2.11
Région mytilicole du Ria de Arosa en Espagne (élevage en suspension sur radeau)
Tiré de Roméo et al. (1982)

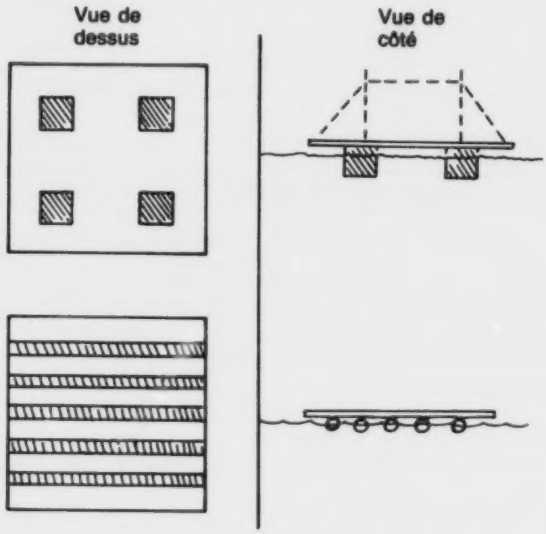


Figure 2.12
Radeaux d'élevage en usage dans le Ria de Arosa
Tiré de Figueras (1984)

Description du radeau

Les dimensions du radeau sont variables, la moyenne étant d'environ 23 × 23 m. La flottaison est assurée par 4-6 pontons ou flotteurs cylindriques (Fig. 2.12) faits de ciment, d'acier, ou même de polystyrène («styrofoam») et fibre de verre (Hurlburt et Hurlburt 1980). Le volume total des flotteurs est de 60 m^3 (Figueras 1984).

La structure construite avec des poutres d'eucalyptus (30 × 30 cm et 22 × 20 cm) est posée sur les flotteurs (Korringa 1976). Des poutrelles de 5 × 5 cm, aussi en eucalyptus, sont disposées à tous les 45 cm entre les poutres maîtresses (Fig. 2.13). Ce sont elles qui servent de support aux collecteurs et aux cordes d'élevage (Hurlburt et Hurlburt 1980).

Placé dans une zone abritée, le radeau n'est ancré qu'à une extrémité avec un bloc de ciment de 20 t, ce qui lui permet de suivre le mouvement de la marée. Dans un endroit plus exposé, il est toutefois ancré par ses deux extrémités (Bardach et al. 1972).

Approvisionnement en naissain

En Galicie, 60-70‰ du naissain provient de la cueillette sur les bancs naturels. Le reste provient de cordes suspendues à partir des radeaux (Korringa 1976).

Les collecteurs faits de câble en fibres naturelles (alfa) ou synthétiques (nylon) sont suspendus à partir des radeaux en décembre-janvier. Ils mesurent 7-9 m de longueur, et 12 ou 25 mm de diamètre. Ils sont maintenus en position verticale avec un lest de 3 kg. Tous les 30-40 cm un petit bâton en bois d'eucalyptus (25 × 1,5 × 1,5 cm) est inséré entre les brins du câble. Placés perpendiculairement au câble, ils préviennent la chute éventuelle de paquets de moules. Les cordes restent immergées jusqu'à l'automne mais le meilleur captage a toujours lieu au printemps (Bardach et al. 1972; Korringa 1976).

À l'automne, il y a toujours une fixation importante de naissain sur la côte rocheuse près de la mer, mais elle est à peu près nulle sur les collecteurs. Ce phénomène n'est pas encore bien compris. Le printemps suivant la fixation, le naissain est récolté en râclant la surface rocheuse. Deux personnes peuvent récolter 1 500 kg de naissain au cours d'une période de travail de 4 heures (Korringa 1976). Le naissain mesure 6 à 10 mm (Hurlburt et Hurlburt 1980; Skidmore et Chew 1985).

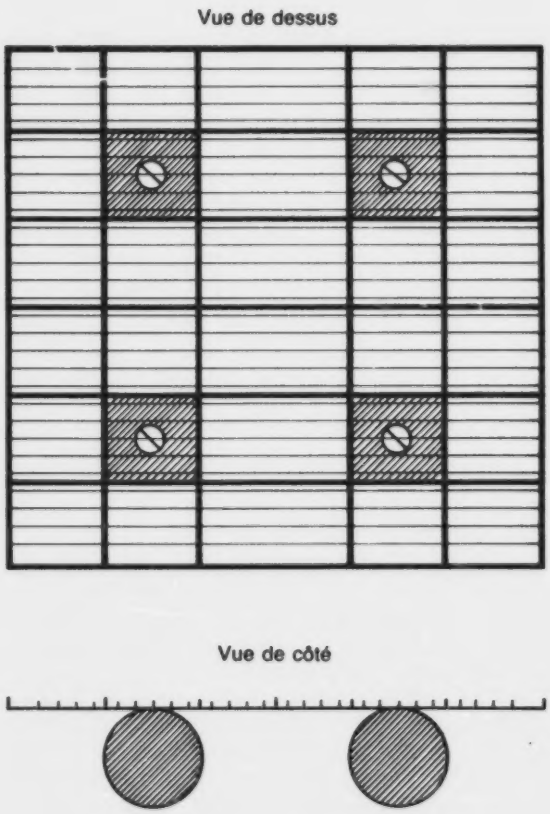


Figure 2.13
Schéma détaillé de la structure d'un radeau d'élevage.
Tiré de Korringa (1976)

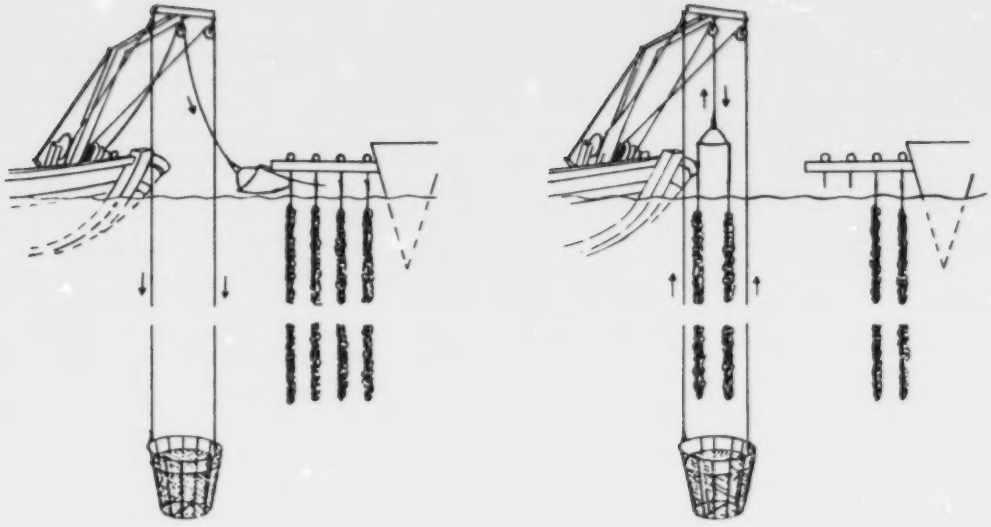


Figure 2.14
Procédure de récolte en Espagne.
Tiré de Korringa (1976)

Élevage

Les moules récoltées par cueillette sont attachées à des cordes identiques aux collecteurs. La corde est alors tendue à l'horizontale. D'une main, les moules sont posées directement sur la corde. De l'autre, on entoure la corde et les moules avec une bande de tissu putrescible qui ressemble à un bandage et spécialement conçu pour cette opération. Son rôle est de retenir les moules suffisamment longtemps pour qu'elles puissent se fixer sur la corde avec leur byssus. Chaque corde porte environ 1,5 – 1,75 kg de naissain/m (Korringa 1976).

Chaque radeau supporte 500-700 cordes d'élevage avec une densité variant de 1,25 à 2,15 cordes/m^2. Les cordes sont espacées d'environ 60 cm (Baradach et al. 1972, Hurlburt et Hurlburt 1980; Korringa 1976; Tenore et al, 1982).

La croissance est si rapide qu'une corde d'élevage pèse environ 10 kg/m après 3-4 mois d'élevage. Il faut alors procéder à un dédoublage afin de réduire la densité des moules et favoriser leur croissance. Les moules sont détachées de leur corde avant d'être réattachées, comme précédemment, à 2 ou 3 autres qui ne pèseront alors qu'environ 3,5 kg/m (Korringa 1976). Les cordes sont dédoublées 2-3 fois au cours de l'année (Lapointe et al. 1981). Il faut 12-14 mois pour atteindre la taille commerciale de 80-100 mm (Figueras 1986; Korringa 1976).

Récolte

Au moment de la récolte, les cordes sont détachées, deux à deux, du radeau et amenées près d'une embarcation à l'aide d'un treuil hydraulique (Fig. 2.14). Elles sont ensuite déposées dans un grand panier en broche avant d'être hissées à bord (Korringa 1976).

Les cordes sont ensuite dégarnies des moules, et celles de taille non commerciale sont remises en cordes. Les moules destinées au marché frais doivent préalablement séjourner au moins 48 heures dans une station d'épuration constituée de grands bassins où circule constamment une eau propre (Hurlburt et Hurlburt 1980).

Une corde de 9 m de longueur fournit une production annuelle d'environ 115 kg. Un radeau de 700 cordes a donc une production annuelle de l'ordre de 80 t (Hurlburt et Hurlburt 1980).

Sur ligne flottante

Introduction

Au cours des années '70, s'est amorcé un mouvement visant à développer une technique basée sur l'utilisation de la ligne flottante en remplacement du radeau (Hurlburt et Hurlburt 1980; Jenkins 1979; Loo et Rosenberg 1983; Lundlav 1986; Muise et MacLeod 1980; Myers 1980; Zhang 1984). Aujourd'hui, cette technique vieille d'à peine 10 ans est principalement utilisée dans ses pays nouvellement impliqués en mytiliculture (Skidmore et Chew 1985). Aussi, la production obtenue par cette méthode est encore limitée.

À ce jour, la technique employée paraît sensiblement la même partout (Skidmore et Chew 1985). Elle est cependant encore peu documentée étant donné son développement récent. La Suède est un des pre-

miers pays qui s'intéressa à cette nouvelle approche (Hurlburt et Hurlburt 1980). Elle est aussi un pays nordique avec un hiver comparable au nôtre. C'est pourquoi, la technique qui y est en usage servira d'exemple tout comme celle de Nouvelle-Zélande qui est la mieux documentée à ce jour.

Site d'élevage type

En Suède, l'élevage en suspension à partir de lignes flottantes est pratiquée dans des fjords protégés par des milliers d'îles sur la côte nord-ouest (Fig. 2.15). La profondeur de l'eau varie de 10 à 15 m, et les fonds sont plutôt mous. L'amplitude de la marée est approximativement de 10-30 cm, et génère des courants de 2-3 cm/sec (Dahlback et Gunnarsson 1981; Hurlburt et Hurlburt 1980; Loo et Rosenberg 1983).

La température de l'eau se maintient entre 15 et 20°C en été tandis qu'une couche de glace se forme en surface au cours de l'hiver. À cause des faibles courants, il n'y a ni amoncellement, ni dérive de plaques de glace. La salinité varie de 22 à 30‰. (Dahlback et Gunnarsson 1981; Hurlburt et Hurlburt 1980; Loo et Rosenberg 1983).

Organisation d'une ligne flottante

Le principe de la ligne flottante est de plus simple puisqu'il s'agit d'un câble ancré à ses deux extrémités, et maintenu à la surface de l'eau par des flotteurs. À l'intérieur de ce schéma, une foule de variantes peuvent cependant apparaître. Ainsi, une ligne peut mesurer de 60 à 180 m de longueur. Elle est fabriquée avec du câble (18 ou 25 mm de diamètre) en nylon ou en polypropylène. Les flotteurs sont des barils en plastique assez volumineux (200 L par exemple) dont l'espacement peut varier de 2 à 6 m selon le cas. À présent, la ligne est généralement double, les deux câbles passant de chaque côté des barils. (Fig. 2.16). Les lignes sont habituellement placées à 2-3 m de distance les unes des autres (Hurlburt et Hurlburt 1980; Jenkins 1979; Loo et Rosenberg 1983; Lundlav 1986; Lutz 1985; Skidmore et Chew 1985).

La ligne flottante est gardée en surface même au cours de l'hiver. Les barils sont alors emprisonnés dans la glace qui se forme à la surface. Le printemps venu, la glace fond en laissant la ligne flottante intacte.

Approvisionnement en naissain et élevage

Le naissain provient exclusivement du captage, et la croissance des moules se poursuit directement sur les collecteurs où elles se sont fixées. Il n'y a donc aucune autre manipulation que la mise à l'eau des collecteurs qui sont fabriqués avec des bandes de filaments en polypopylène tressés.

Les bandes ont 1 mm d'épaisseur et 50 mm de largeur. Elles sont coupées en sections de 6-6,5 m de longueur. Ce matériel procure une densité de captage suffisamment faible pour ne pas avoir besoin de tranférer le naissain sur un autre support pour la poursuite de sa croissance (Hurlburt et Hurlburt 1980; Loo et Rosenberg 1983; Lundlav 1986).

La mise à l'eau des collecteurs a lieu au début du printemps et au début de l'automne car il y a deux périodes de fixation du naissain. Les collecteurs sont suspendus à la ligne flottante, espacés les uns des autes de 50 cm environ (Hurlburt et Hurlburt 1980; Lutz 1985).

Récolte

Les moules captées au printemps atteignent la taille commerciale de 60-70 mm en 14-16 mois d'élevage. Les moules captées au cours de l'automne ont une croissance hivernale négligeable de sorte qu'elles atteignent la taille commerciale en même temps que celles captées le printemps suivant (Hurlburt et Hurlburt 1980). Le rendement est d'environ 5,5-6,5 kg/m (Loo et Rosenberg 1983).

Avantages et inconvénients

L'élevage en suspension tire profit de la colonne d'eau. Aussi, la nature du fond a beaucoup moins d'importance que dans le cas de l'élevage sur le fond. L'utilisation de la colonne d'eau permet d'optimiser l'utilisation physique du site mytilicole. Éloignées du fond, les moules sont très protégées des prédateurs, en particulier des crabes. De plus, elles ne sont pas à la merci d'un envasement ou d'un ensablement. Les moules élevées en suspension sont donc propres. Constamment immergées, elles s'alimentent continuellement d'une nourriture de qualité composée principalement de phytoplancton. En conséquence, la croissance est rapide, et le rendement par unité de surface est le plus élevé (Tableau 2.2). La technique d'élevage sur ligne flottante est même applicable dans les régions nordiques où il y a un couvert de glace en hiver.

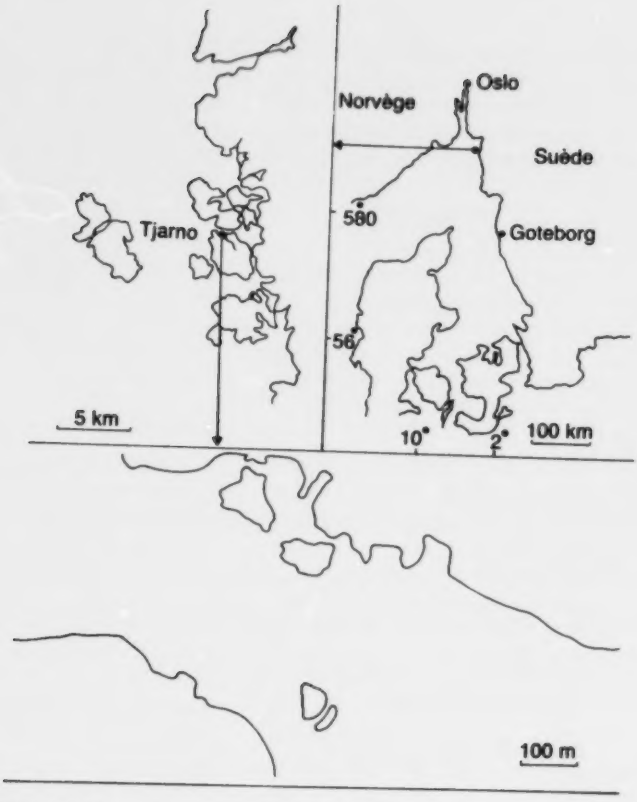


Figure 2.15
Exemple d'une zone mytilicole en Suède (élevage en suspension sur ligne flottante).
Tiré de Loo et Rosenberg (1983)

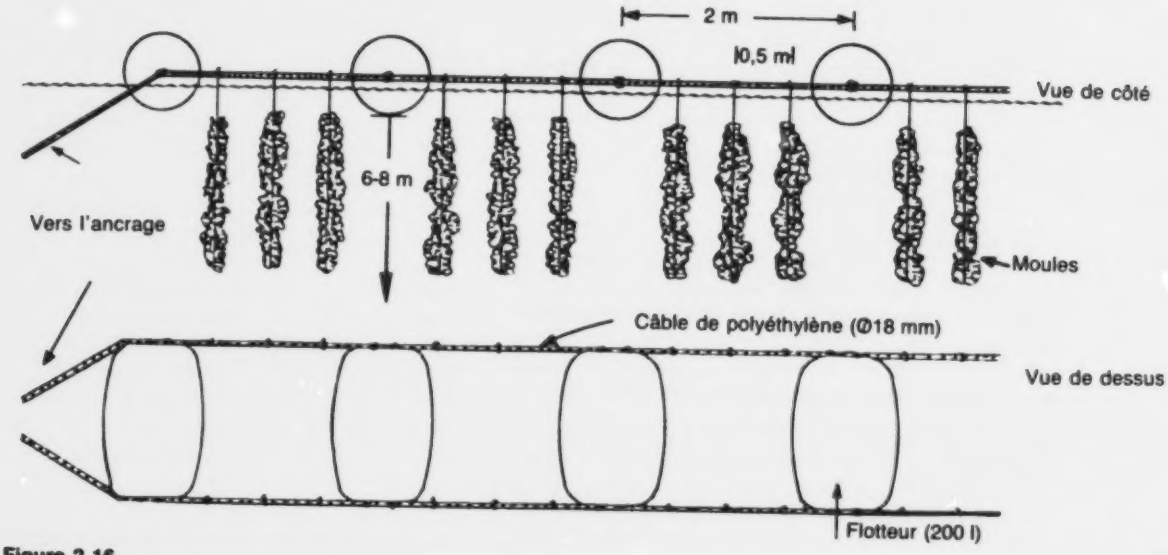


Figure 2.16
Organisation d'une ligne flottante.
Tiré de Skidmore et Chew (1985)

Tableau 2.2
Comparaison du rendement commercial par m^2 obtenu avec chacune des grandes techniques d'élevage

Mode d'élevage	Site	Rendement par unité de surface (Kg/m^2)	Source
Fond	Waddenzee (Pays-Bas)	8	Korringa (1976)
Bouchot	France	3,6	Marteil (1979)
Suspension			
Support fixe	Étang de Thau (France)	53-86	Marteil (1979)
	Golfe de la Spezia (Italie)	20-35	Korringa (1976)
radeau	Ria de Arosa (Espagne)	164	Tenore et al. (1982)
ligne flottante	Suède	34-42	Loo & Rosenberg (1983)

Ce type d'élevage nécessite cependant des sites plutôt abrités. Pour être en mesure de tirer profit de cette technique. Il faut aussi que le site ait une certaine profondeur. La somme de travail nécessaire est relativement importante dans certains cas. Enfin, les matériaux utilisés sont coûteux. Un système basé sur l'emploi de lignes flottantes demande une grande surface à cause de l'espace nécessaire entre elles pour permettre la circulation de l'embarcation de travail.

Partie 3

La mytiliculture au Québec

Introduction

Comme dans le reste de l'Amérique du Nord, l'intérêt pour la mytiliculture au Québec ne s'est manifesté qu'à partir du début des années '70 (Poirier 1974 b). Quelques années d'expérimentation menée principalement dans les lagunes des Îles-de-la-Madeleine, mais aussi en Gaspésie (Carleton), ont permis de démontrer la faisabilité biologique et technique de l'élevage de la moule bleue au Québec. Ce n'est toutefois qu'au cours de l'été 1984 que les premières opérations mytilicoles commerciales ont débuté aux Îles-de-la-Madeleine.

Après l'essai de différentes techniques (Poirier et Myrand 1982), il s'est avéré que l'élevage en suspension à partir de lignes flottantes est celle qui offre le plus d'avantages compte-tenu de nos conditions climatiques et environnementales. Cette technique est particulièrement intéressante car les lignes flottantes offrent peu d'emprise au vent et peuvent facilement être immergées sous la glace en hiver.

Principes généraux

Le processus d'élevage débute au printemps avec la préparation, puis la mise à l'eau de plusieurs lignes flottantes auxquelles sont suspendus les collecteurs. L'automne venu, les jeunes moules trop denses pour poursuivre une croissance maximale sont détachées des collecteurs et mises dans des filets tubulaires qui leur servent de supports. Ces boudins de moules sont, à leur tour, mis en suspension dans l'eau à partir des lignes flottantes.

Après la mise à l'eau des boudins, les lignes doivent être immergées à l'aide de lests en prévision de la formation des glaces. Les boudins placés entres deux eaux sont alors à l'abri des glaces sans toutefois toucher au fond. Au printemps suivant, les poids sont enlevés et les lignes flottantes remontent en surface d'elles-mêmes. La surveillance et l'entretien des lignes deviennent alors faciles. Les moules sont récoltées dès l'automne suivant, soit environ un an après leur mise en boudins.

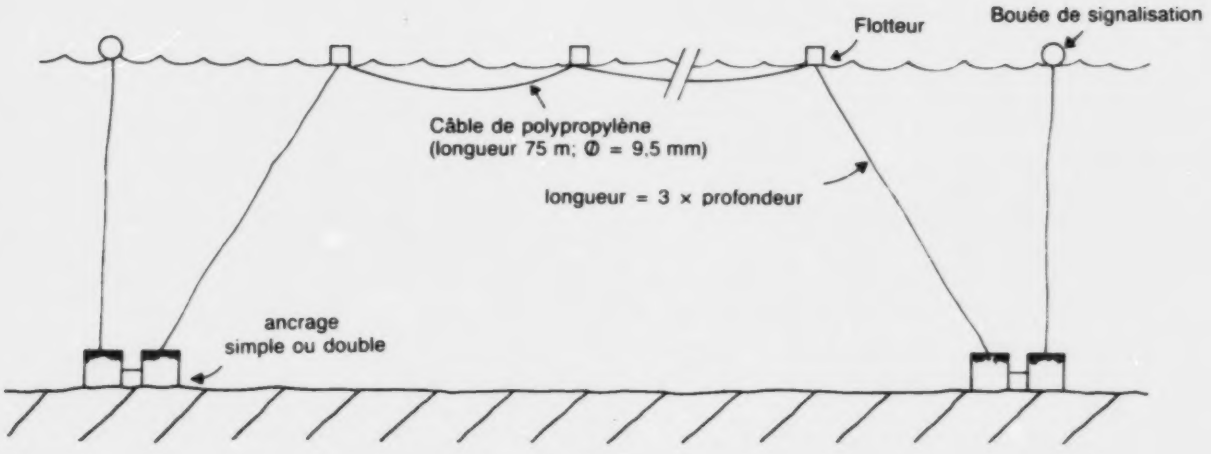


Figure 3.1
Organisation d'une ligne flottante au Québec

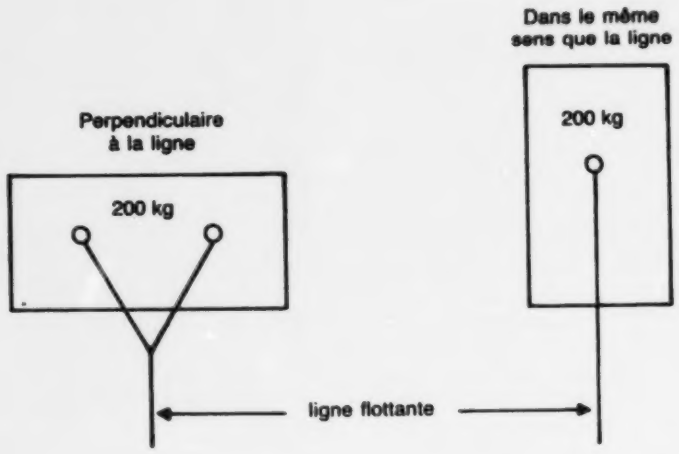


Figure 3.2
Orientation de l'ancrage par rapport à la ligne flottante.

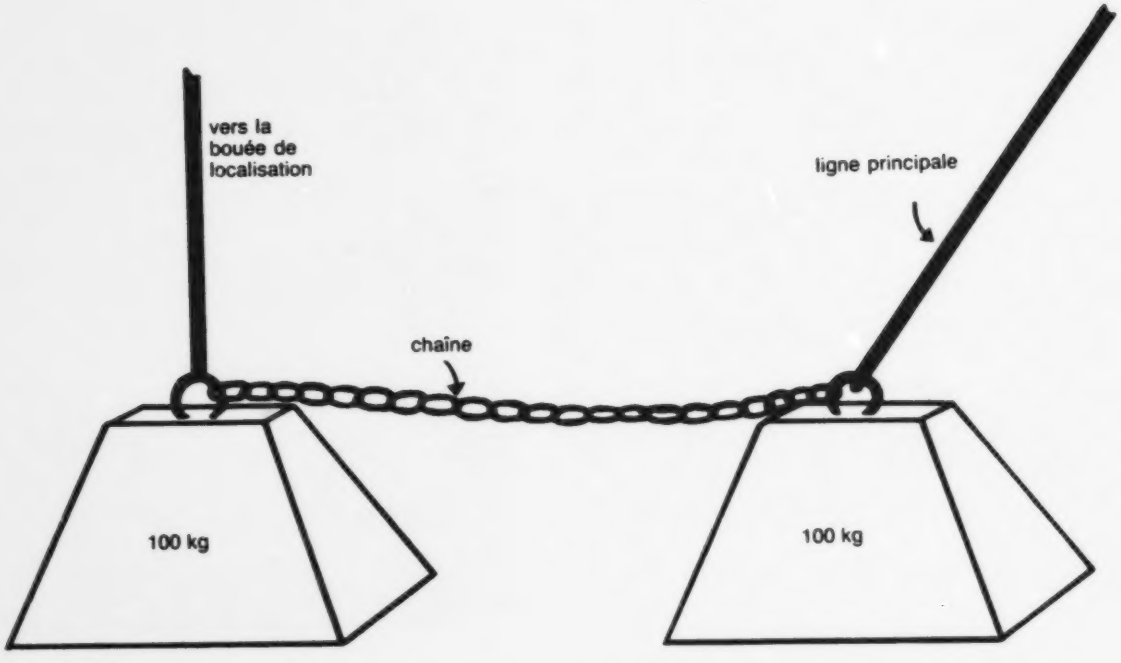


Figure 3.3
Ancrage formé de deux pyramides tronquées jumelées.

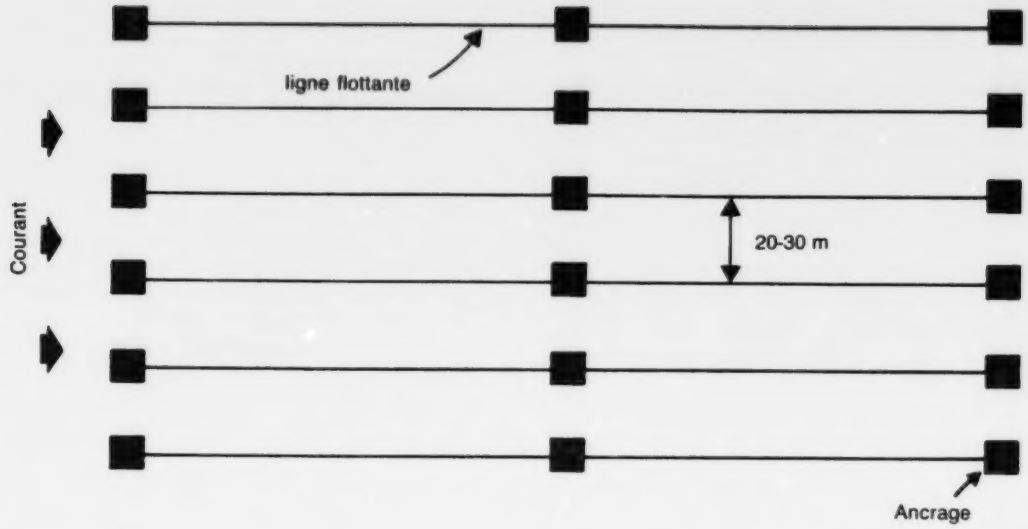
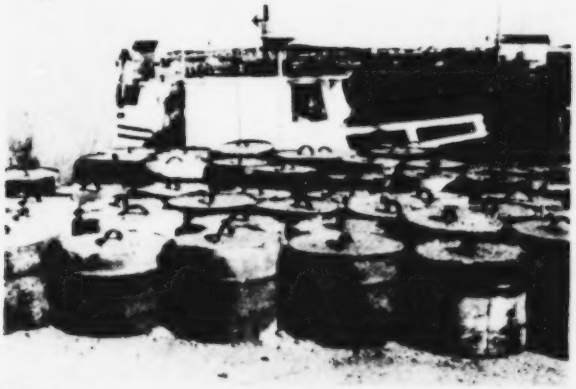


Figure 3.4
Disposition des lignes flottantes en vue d'une utilisation optimale de la surface mytilicole.

Ligne flottante

La ligne flottante sert à deux fins distinctes: support pour les collecteurs (ligne de collecteurs ou de captage) et support pour les boudins de moules (ligne de boudins ou d'élevage). La même ligne sert généralement pour les deux usages puisque ces deux activités se déroulent l'une à la suite de l'autre. Les principales caractéristiques d'une ligne flottante sont illustrées à la figure 3.1.

A



B

Photo 3.1
Deux principaux types d'ancrage. (A) Demi-barils remplis de ciment et (B) pyramides tronquées.

Photo 3.2
Différents types de flotteurs en usage. Au premier plan: bouée en styrofoam trouée et bouée sphérique en plastique. Au second plan: contenant de type «Jerry Can» et bouée avec anneaux de métal.

Ancrage

Il existe toute une variété d'ancrage pouvant être utilisés pour retenir une ligne flottante: poids de ciment en forme de pyramide tronquée, baril de 200 l coupé en deux et rempli de ciment, rail, roue de wagon, grappin, ancre... L'important est de s'assurer que l'ancrage choisi retienne adéquatement la ligne flottante. Dans cette optique, trop vaut mieux que pas assez.

Deux paramètres peuvent être importants à considérer lors de la conception et du choix de l'ancrage: densité du matériau utilisé et résistance au déplacement. Un matériau dense comme la fonte ou le fer s'enfonce plus facilement que le ciment dans un substrat mou, ce qui assure un ancrage plus stable. À cet égard, la densité de la fonte est de 7 303 kg/m^3 (kg/1 000 l), celle du fer de 7 954 kg/m^3 et celle du ciment tourne autour de 2 380 kg/m^3. Le demi-baril rempli de ciment pèse donc environ 238 kg. Quand un ancrage s'enfonce relativement peu dans le substrat, sa disposition devient importante à considérer. Dans cette optique, un ancrage placé perpendiculairement à la ligne flottante offre plus de résistance qu'un autre placé dans le même alignement (Fig. 3.2).

La stabilité de la ligne flottante nécessite la mise en place d'un ancrage pesant au moins 200 kg à chaque extrémité. Au Québec, la pyramide tronquée et le demi-baril sont les types d'ancrage les plus utilisés sur les fonds mous où est pratiquée la mytiliculture (Photo 3.1). La forme de la pyramide tronquée favorise un certain enfouissement, donc un ancrage assez stable, tandis que sa fabrication n'offre pas de difficultés particulières. Cette forme rend toutefois difficile sa manutention à terre avant la mise à l'eau. La popularité du demi-baril tient surtout au fait qu'il est simple à fabriquer et facile à déplacer sur terre car on peut le rouler. Ce type d'ancrage a cependant tendance à se coucher sur le côté sous l'effet de la tension du câble de mouillage. Dans cette position, il risque de rouler sur lui-même limitant ainsi ses possibilités d'enfouissement et favorisant son déplacement sur le fond.

Bien que l'ancrage soit généralement constitué d'un seul bloc de ciment, il peut être préférable dans certains cas d'utiliser deux blocs plus petits mais jumelés. Ceci facilite le travail à terre et augmente la résistance au déplacement sur le fond. Les deux blocs peuvent être reliés très efficacement par un bout de chaîne (Fig. 3.3).

L'anneau d'attache du bloc de ciment devrait toujours être recouvert avec du tuyau en ABS ou en PVC (Photo 3.1) afin de prévenir l'usure du câble au point d'attache. Une cosse en métal à l'extrémité du câble est aussi une alternative pour limiter son usure au point d'attache. La présence de l'ancrage doit toujours être marquée en surface par une bouée. Ceci facilite le déplacement de l'ancrage au besoin, ou sa localisation et sa récupération en cas de bris du câble.

Flotteurs

La flottaison de la ligne est assurée le plus souvent par des bouées de polystyrène («styrofoam») telles que celles utilisées pour la pêche au homard (Photo 3.2). Il est à noter que le coût des bouées constitue l'investissement majeur en mytiliculture en raison de leur grand nombre et de leur durée de vie utile plutôt restreinte.

Une bouée bien entretenue peut être utilisable pendant 5 ans. Il suffit de la laisser sécher après sa sortie de l'eau, puis de la brosser et la repeindre avant sa réutilisation. Une peinture antisalissures peut être utilisée pour limiter la fixation d'algues et d'organismes qui diminuent la flottaison de la bouée. Toute-

fois, une peinture ordinaire moins coûteuse assure une protection minimale (Myrand et Bastien 1985).

Bien que la bouée de polystyrène soit d'utilisation plus courante, un réservoir d'essence de type «Jerrey can» est aussi utilisé dans certains cas à l'Île-du-Prince-Édouard. Une meilleure capacité de flottaison qui permet de réduire leur nombre, leur faible coût relatif, leur bonne étanchéité, un contrôle possible de leur flottabilité, et leur durée de vie utile plus longue en justifient l'emploi (Myrand et Bastien 1985). Une bouée sphérique en plastique spécialement conçue pour la mytiliculture commence aussi à faire son apparition.

Une vingtaine de bouées de polystyrène assurent la flottaison de la ligne au moment de sa mise à l'eau. Des bouées sont ensuite ajoutées au besoin pour maintenir la ligne en surface au fur et à mesure qu'augmente le poids des collecteurs ou des boudins. Il faut ajuster la flottaison de la ligne de façon à ce que les bouées soient partiellement immergées. Ceci diminue leurs mouvements à la surface de l'eau et réduit les problèmes d'usure de leurs cordages d'attache. Les pertes de bouées sont alors grandement diminuées.

Organisation d'un ensemble de lignes

L'utilisation optimale de la surface disponible suggère que les lignes soient placées par groupe de deux (Fig. 3.4). De cette façon, il ne faut que 3 ancrages pour 2 lignes flottantes. Les groupes de lignes sont placés en parallèle et séparés les uns des autres de 20-30 m, selon le site. Cette distance est nécessaire afin de faciliter la circulation de l'embarcation de travail entre les lignes flottantes. L'ensemble est généralement orienté dans le sens du courant pour offrir une résistance minimale à la masse d'eau en déplacement. L'ensemble peut néanmoins être orienté perpendiculairement à un courant faible sans problèmes. Avec cette organisation, on peut placer théoriquement 3,7 lignes flottantes par hectare (10 lignes/2,7 ha).

Approvisionnement en naissain

Le naissain peut provenir d'une cueillette directe sur les bancs naturels ou encore être obtenu au moyen de substrats artificiels (collecteurs) sur lesquels les jeunes moules vont se fixer.

Cueillette

La cueillette sur les gisements naturels se déroule au printemps comme en automne. Cette opération est préférablement réalisée avec un bateau muni d'un drague. Elle peut aussi être faite de façon artisanale avec une pelle, un râteau ou une fourche.

La récolte se fait de préférence aux dépens de lots de jeunes moules de taille homogène afin de minimiser l'impact de cette opération sur les bancs naturels. La moule devrait avoir une taille inférieure à 25 mm lors de sa cueillette. Cette règle est motivée par le fait qu'une moule de plus grande taille conserve l'apparence d'une moule sauvage même après sa mise en élevage. De plus, la moule de grande taille est difficile à séparer mécaniquement de ses voisines à cause du développement plus important de son byssus.

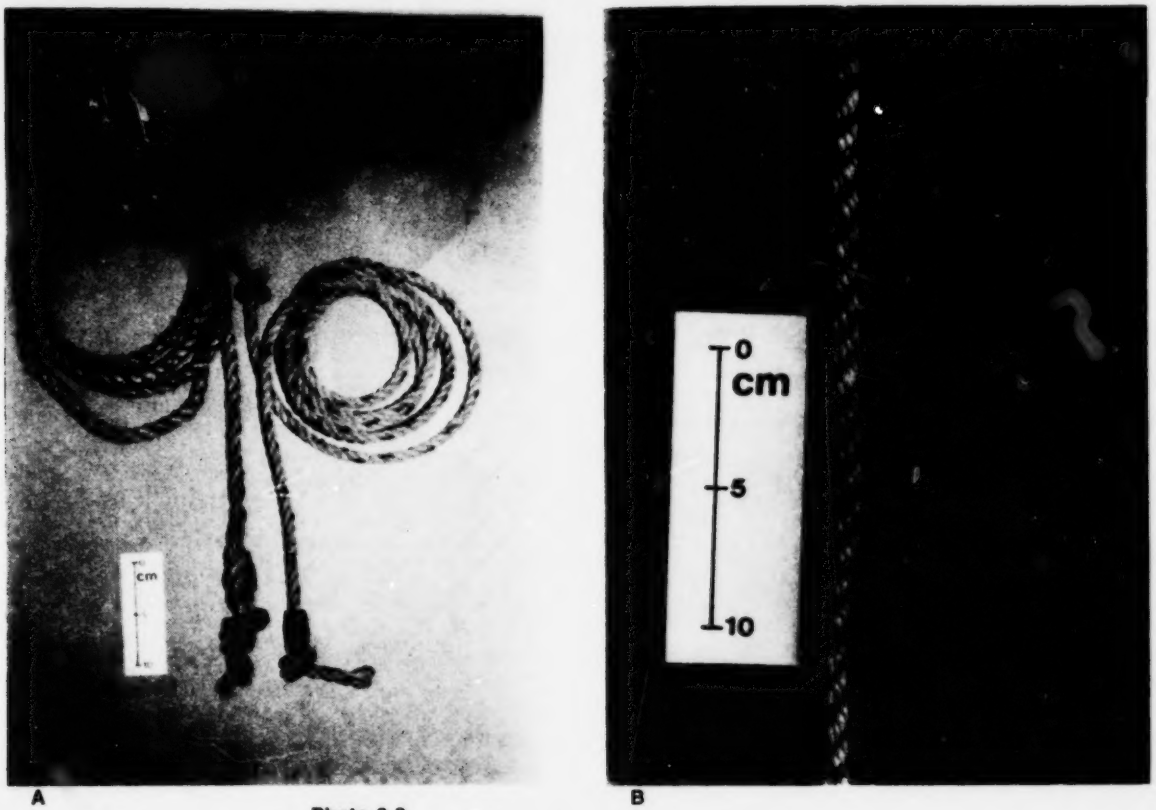
Le tri des moules cueillies s'avère donc nécessaire afin de ne retenir que les moules de petite taille et de mettre en élevage des individus de taille homogène ayant une croissance semblable. Ce dernier point est des plus important car il permet de réduire la masse des moules de taille non-commerciale au moment de la récolte. Le tri peut être effectué manuellement avec un tamis de fabrication artisanale ou avec une dégrappeuse-trieuse spécialement conçue à cet effet.

La moule de gisement présente des caractéristiques qui rendent son utilisation attrayante. Sa coquille plus épaisse que la moule de captage lui confère une résistance accrue aux manipulations. De même, elle offre une meilleure résistance au stress à cause des conditions de vie plus difficiles qu'elle a dû affronter auparavant. Enfin, l'approvisionnement printanier permet de raccourcir le cycle de production puisque la moule mesure alors déjà près de 25 mm.

Chez-nous, l'abondance des jeunes moules sur les bancs naturels varie grandement d'une année à l'autre (Poirier et Myrand 1982) de sorte qu'il est risqué de vouloir établir une opération mytilicole commerciale sur cette seule source d'approvisionnement en naissain. Il y a aussi le risque de détruire les gisements si la cueillette est trop intense. Ce mode d'approvisionnement ne devrait donc être considéré que comme une solution de rechange à un captage insuffisant.

Captage

Le principe du captage est de fournir aux larves en flottaison dans l'eau des substrats artificiels qui puissent satisfaire leurs exigences de sorte qu'elles s'y fixent en grand nombre. Les collecteurs les plus utilisés présentement sont le câble de polypropylène qu'on appelle «polyrope» et la lanière grillagée de polyéthylène appelée «vexar».



A B

Photo 3.3
Collecteurs en polypropylène (polyropes) (A) Vue d'ensemble et (B) Gros plan d'un collecteur de 12,5 mm de diamètre à gauche et de 9,5 mm à droite.

Polyrope

Ce collecteur n'est en fait qu'un câble en polypropylène de 9,5 ou 12,5 mm de diamètre (Photo 3.3). Le polyrope peut être suspendu à la ligne flottante verticalement (en I) ou par ses deux extrémités (en U). Il est attaché directement à la ligne à l'aide d'un noeud de demi-clé barré qui l'empêche de glisser (Photo 3.4). Quand il est suspendu à la verticale, il mesure généralement 3 m de longueur, et un lest d'au moins 250 g accroché à l'extrémité libre assure sa position dans l'eau. Le polyrope suspendu en U peut mesurer jusqu'à 6 m de longueur. Attaché à la ligne flottante par ses deux extrémités, le lest est placé en son centre.

Le lest peut consister en un petit poids de ciment coulé dans un gobelet par exemple. Un clou de 180 mm planté dans le câble avant d'être crochi fait aussi l'affaire. Quelques maillons d'une vieille chaîne peuvent aussi être recyclés pour cet usage.

Vexar

Disponible en rouleaux de 30,5 m de longueur et 1,2 ou 1,9 m de largeur, le treillis en polyéthylène vexar est découpé en lanières afin de servir comme collecteur. Différentes longueurs et largeurs ont été expérimentées et sont utilisées. Au Québec, le vexar est taillé pour obtenir une lanière mesurant environ 3 m de longueur et 15 cm de largeur. Un maillage de 9,5 ou 19 mm de côté est employé (Photo 3.5).

Un repli de quelques centimètres à chaque extrémité de la lanière augmente sa résistance aux points d'attache. Une corde de 5 à 10 mm de diamètre fixée à une extrémité permet d'attacher le collecteur à la ligne flottante. Encore une fois, le noeud de demi-clé est très recommandé pour attacher le collecteur à la ligne flottante. Un lest en ciment peut être coulé à l'autre extrémité. Des maillons de vieille chaîne ou des clous de voie ferrée sont aussi très efficaces.

Photo 3.4
Noeud de demi-clé barré.

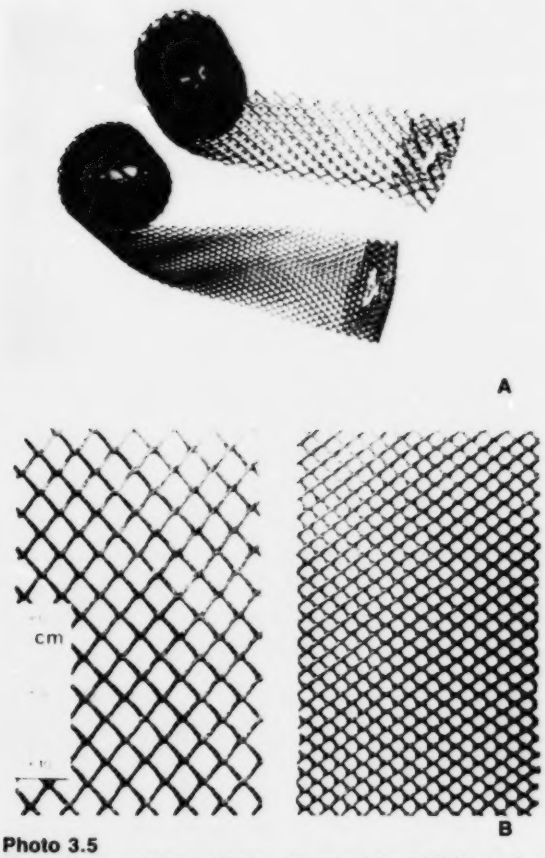


Photo 3.5
Collecteurs en Vexar (A) Vue d'ensemble et (B) Gros plan d'un collecteur à mailles de 19,0 mm à gauche et à mailles de 9,5 mm à droite.

Filet italien

Bien que le polyrope et le vexar soient encore les collecteurs les plus courants, le filet italien commence aussi à être utilisé. Ce filet employé normalement pour la mise en boudins des moules constitue aussi un substrat très apprécié par le naissain. Il peut être utilisé de la même façon qu'un polyrope, et être suspendu en I ou en U. Une petite pierre emprisonnée entre les mailles, à l'extrémité ou au centre du filet, sert de lest.

Choix d'un collecteur

Le collecteur vexar est très efficace (Tableau 3.1) en raison de sa surface de captage importante. Le vexar à petites mailles (9,5 mm) permet de capter un plus grand nombre de jeunes moules que celui à grandes mailles car sa surface réelle occupée par le polyéthylène est plus importante. Cependant, la grande densité des moules peut éventuellement ralentir leur propre croissance. Le vexar à grandes mailles fournit moins de naissain, mais il est de taille supérieure (Tableau 3.2). Cette différence de croissance ne peut que s'amplifier avec l'augmentation de la taille du naissain et la compétition pour l'espace disponible sur le collecteur. Cette différence devient donc de plus en plus marquée avec le temps. Dans cette optique, l'utilisation du vexar à grandes mailles s'avère plus appropriée dans le cas d'une mise en boudins plus tardive car les moules sont alors de plus grande taille.

Le vexar est cependant un matériau relativement dispendieux à l'achat (Annexe I). De plus, il se manipule difficilement à cause de ses côtés très accrochants. Il doit donc être rangé avec soin pour éviter tout emmêlement.

Le polyrope est très populaire car il peut provenir de la récupération de câbles usagés auprès des pêcheurs, ce qui permet de réduire les coûts de façon très appréciable. Sa souplesse facilite également beaucoup sa manipulation et son rangement.

A B

Photo 3.6
Dégarnissage des collecteurs (A) Vexar et (B) Polyrope.

Tableau 3.1
Comparaison du succès de captage obtenu avec le polyrope et le vexar à Carleton et dans les lagunes des Îles-de-la-Madeleine

		Polyrope 12,5 mm		Vexar 9,5 mm	
Lieu	**Date**	**moules/m***	**kg/m****	**moules/m***	**kg/m****
Carleton	01-09-82	5 995	—	—	—
Havre-aux-Maisons	20-09-82	3 727	—	15 680	—
Grande-Entrée	13-09-83	9 383	0,67	16 960	2,72
Carleton	11-10-83	8 675	2,37	19 721	2,47
Havre-aux-Maisons	01-10-84	2 814	1,60	10 560	5,69
Grande-Entrée	09-10-84	—	—	13 120	5,22
Carleton	16-10-84	—	—	12 462	1,41
Havre-aux-Maisons	21-10-85	5 608	2,42	14 784	4,71
Grande-Entrée	24-10-85	7 374	2,70	16 066	4,87

* moules ≥ 5 mm; extrapolé à partir d'un échantillon de 10 cm de longueur
** poids total des moules fixées sur des collecteurs bien garnis

Tableau 3.2
Comparaison du captage obtenu aux Îles-de-la-Madeleine avec des collecteurs en vexar de différentes mailles (20 septembre 1982).

	Vexar à petites mailles (9,5 mm)	Vexar à grandes mailles (19 mm)
Moules/m	15 680	10 560
Moules/cm^2	4,9	3,3
Taille moyenne	10,0	11,1

Puisque le filet italien peut aussi servir à la mise en boudins d'élevage, il est possible de récupérer le matériel usagé qui a déjà servi à cette opération pour en faire des collecteurs. Avec l'utilisation d'une pierre insérée entre les mailles comme lest, le collecteur ne coûte alors rien. Le filet neuf peut aussi être utilisé directement comme collecteur, et son coût est relativement faible (Annexe I). L'intérêt du filet italien réside donc dans son faible coût, sa souplesse qui le rend très maniable, et la possibilité de récupérer du matériel usagé. Par contre, ce matériau n'a pas encore fait ses preuves sur une longue période. Il est encore difficile d'évaluer sa fiabilité et son rendement pour l'instant.

Il n'y a pas de règle établie pour le choix d'un collecteur puisque l'efficacité d'un modèle peut varier d'un site à l'autre (Incze et Lutz 1980). Il vaut donc mieux tester différents modèles lors d'essais de captage au site mytilicole potentiel avant d'arrêter son choix.

Ligne de captage

Suspension des collecteurs

L'organisation d'une ligne de captage varie quelque peu selon le mode de suspension des collecteurs (Fig. 3.5). Une ligne porte généralement une centaine de collecteurs suspendus en I ou en U. Bien qu'il y ait des exceptions (Myrand et Bastien 1985), les collecteurs suspendus en U sont généralement ceux qui sont constitués avec les matériaux les plus maniables: polyrope et filet italien. Ce mode de suspension a surtout l'avantage de permettre l'utilisation de sites moins profonds qui autrement, auraient une faible valeur mytilicole.

Peu importe le mode d'organisation de la ligne de captage, quelques principes simples doivent être respectés. Premièrement, les collecteurs doivent être suffisamment lestés et espacés les uns des autres. Des collecteurs qui frottent les uns sur les autres, ou qui s'emmêlent, se dégarnissent rapidement de leur naissain. Deuxièmement, les collecteurs ne doivent surtout jamais s'approcher près du fond et devenir accessibles aux crabes qui peuvent les dégarnir de leurs petites moules en un rien de temps.

Mise à l'eau et surveillance

En principe, la mise à l'eau des collecteurs a lieu en mai-juin afin de permettre la fixation de salissures marines sur ces substrats artificiels. Il y a toutefois des endroits où cette mise à l'eau hâtive n'est pas recommandée en raison d'une colonisation trop abondante par les salissures marines. Les jeunes moules ont alors de la difficulté à se fixer solidement et des pertes importantes peuvent être enregistrées à mesure que leur poids augmente.

Une surveillance régulière des lignes de captage est essentielle tout au long de l'été. Ceci permet de réagir rapidement en cas d'emmêlement des collecteurs, de diminution excessive de la flottaison des lignes, du bris de la ligne, de pertes causées par la chute du naissain devenu trop pesant, ... La surveillance permet aussi de suivre l'évolution de la taille des jeunes moules; un paramètre important à considérer en prévision de l'étape suivante.

Bien que ce soit variable d'une année à l'autre, le naissain devient généralement visible sur les collecteurs vers la fin juillet début août. Les jeunes moules ne sont alors pas plus grosses que des grains de sable. Au cours des semaines suivantes, la croissance se poursuit cependant à un rythme accéléré. Le poids des collecteurs augmente alors très rapidement (Tableau 3.3). Aussi, la surveillance devrait être accrue à partir de la mi-septembre car, en prenant du poids, les collecteurs peuvent être entraînés vers le fond si la flottaison de la ligne n'est plus suffisante pour les supporter.

Tableau 3.3
Évolution du poids des moules fixées à des collecteurs en vexar à petites mailles placés dans la lagune de Grande-Entrée en 1983.

Date	Moules/m*	kg moules/m
13/09/83	16 696	2,72
05/10/83	18 560	5,05
21/10/83	16 320	7,87

* Moules ≥ 5 mm

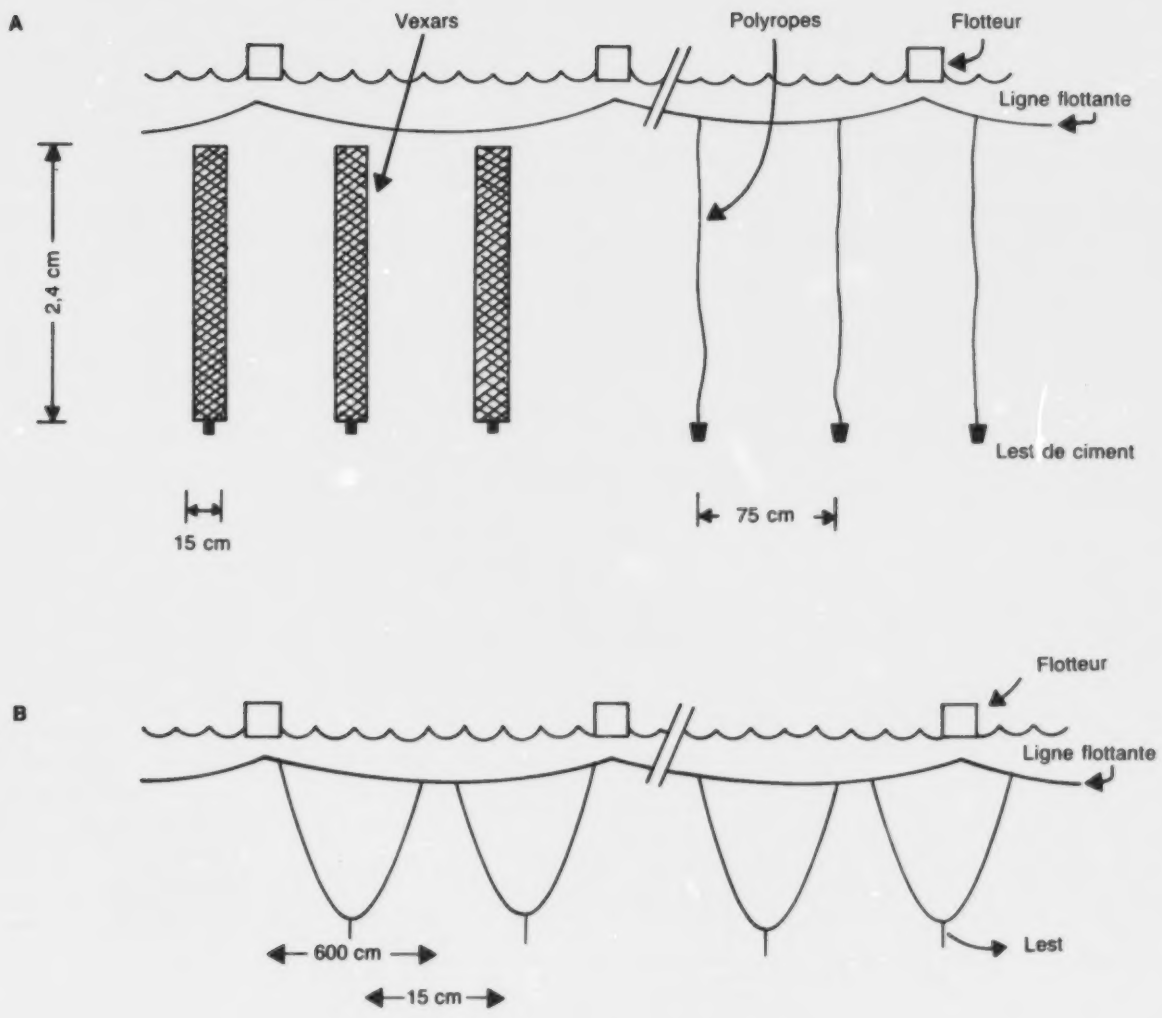


Figure 3.5
Organisation d'une ligne de captage (A). Collecteurs suspendus en I; (B) Collecteurs suspendus en U.

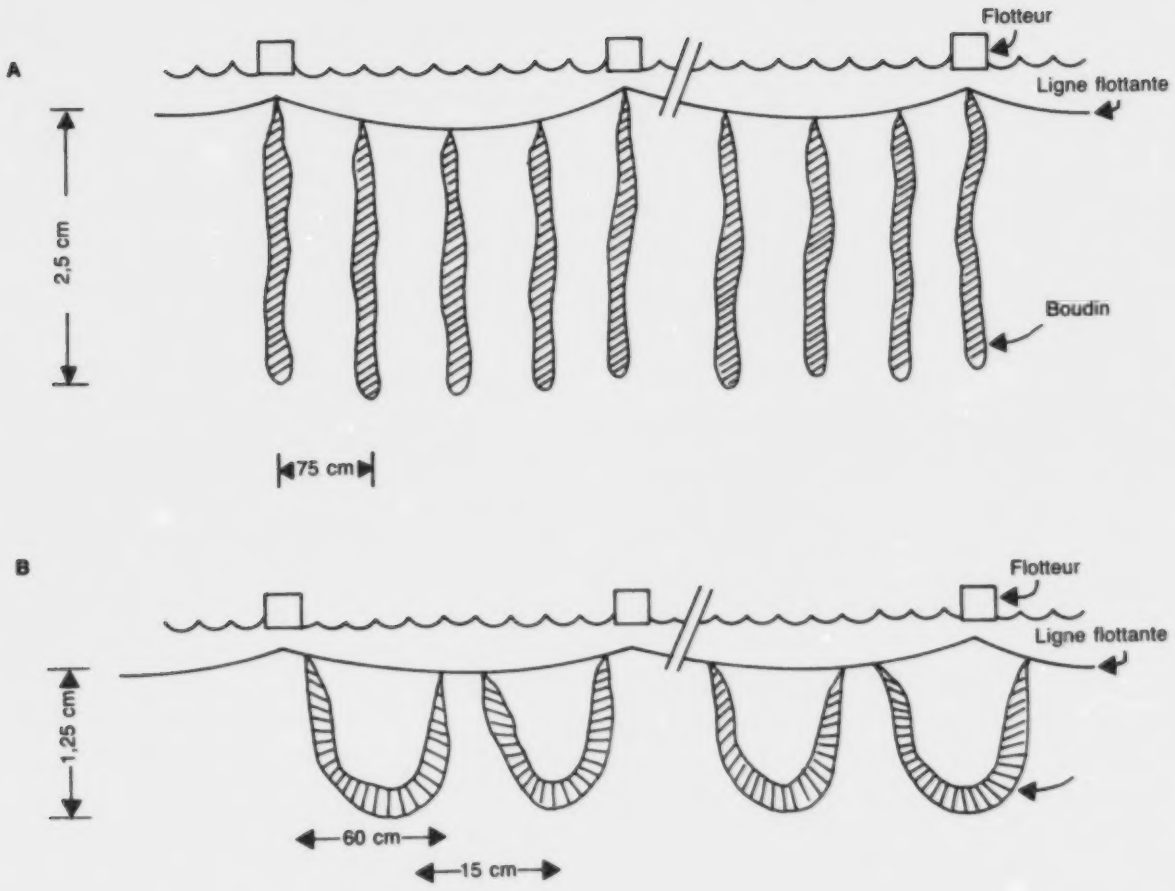


Figure 3.6
Organisation d'une ligne d'élevage. (A) Boudins suspendus en I: (B) Boudins suspendus en U.

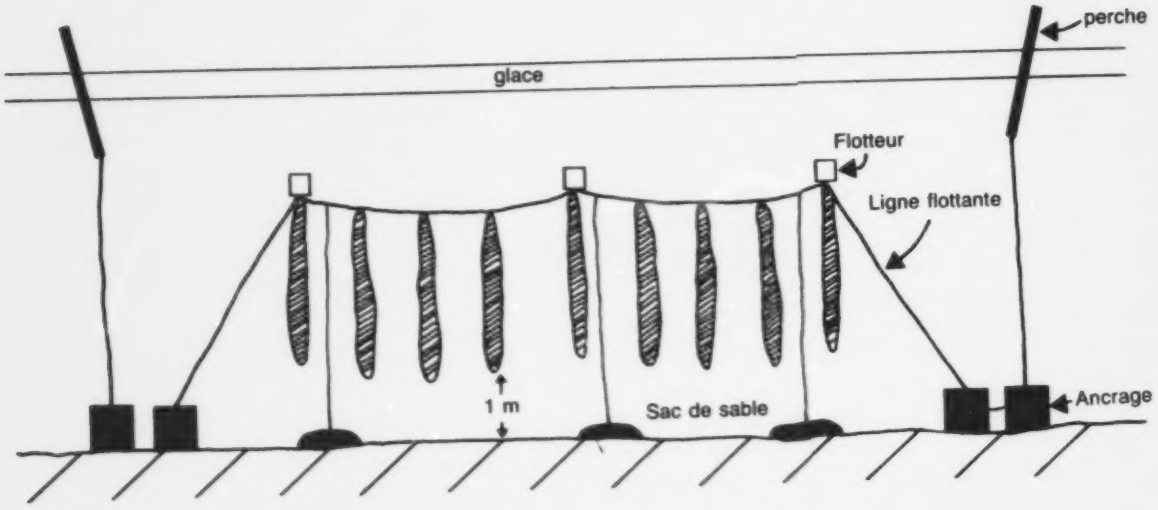


Figure 3.7
Immersion sous la glace de la ligne d'élevage.

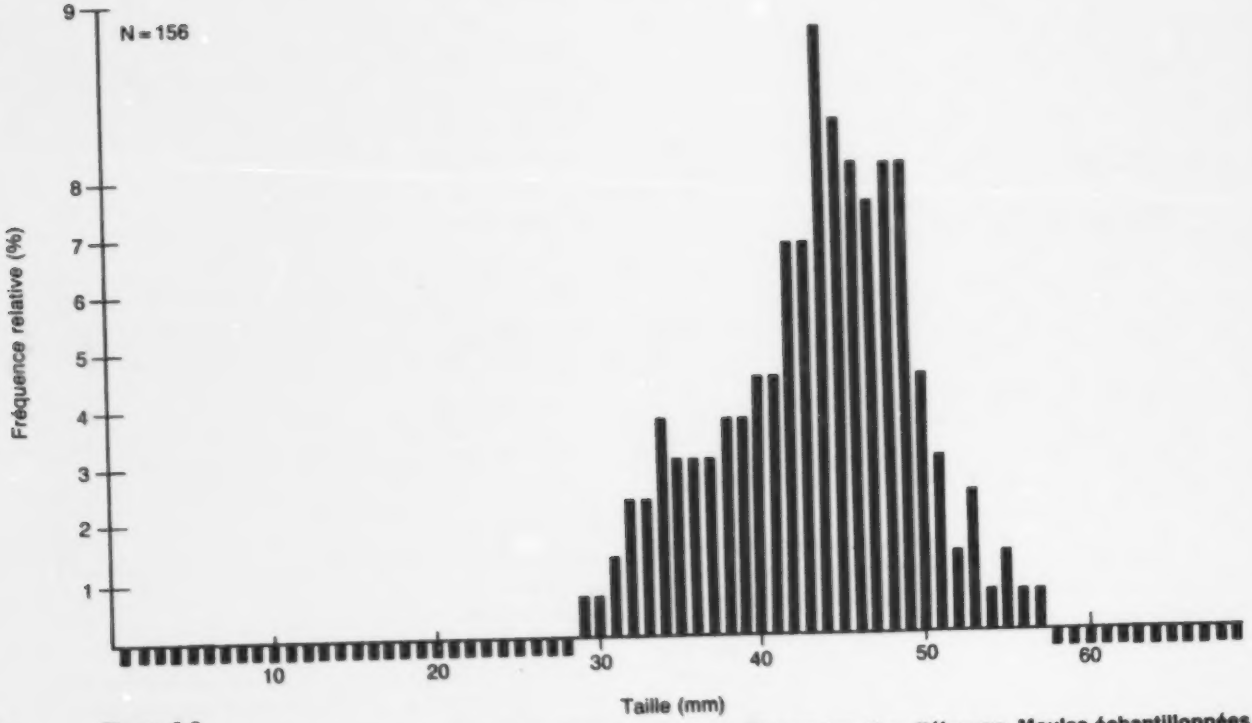


Figure 3.8
Distribution de la fréquence de taille de moules un an après leur mise en boudins d'élevage. Moules échantillonnées le 30 octobre 85 dans la lagune du Havre-aux-Maisons (Iles-de-la-Madeleine).

Mise en boudins d'élevage

À l'automne, lorsque le naissain atteint la taille de 15-25 mm, la compétition pour l'espace et pour la nourriture disponible devient très importante. Laisser les moules poursuivre leur croissance sur les collecteurs résulterait en une diminution de la production. Aussi, la réduction de la densité par l'opération de mise en boudins d'élevage permet d'améliorer le rendement commercial de façon très significative. À cet effet, Incze et Lutz (1980) rapportent que la mise en boudins permet d'obtenir une production commerciale environ 2,3 fois supérieure à la croissance complète sur collecteur vexar.

L'opération de la mise en boudins d'élevage consiste simplement à remplir des filets tubulaires avec le naissain provenant des collecteurs ou de la cueillette sur les bancs naturels. L'ensemble formé par le filet rempli de naissain constitue ce qu'on appelle un boudin d'élevage.

La période de mise en boudins peut s'étendre de la mi-septembre à la mi-décembre selon les années et les régions. Deux stratégies peuvent alors être envisagées. La première, et la plus fréquente, est de dégarnir entièrement le collecteur et de procéder à l'opération de la mise en boudins avec les moules récupérées. La seconde s'applique dans certains cas, et seulement avec le collecteur vexar. Le collecteur est alors remonté à la surface et secoué avant d'être remis à l'eau. Les moules qui se sont détachées sont mises en boudins tandis que celles demeurées attachées fermement au vexar y poursuivent toute leur croissance jusqu'à la récolte. Cette alternative est surtout employée en Nouvelle-Écosse (Myrand et Bastien 1985).

Préparation du naissain

Le dégarnissage du collecteur est effectué manuellement (Photo 3.6). Cette opération est plus laborieuse à la fin de l'automne (novembre-décembre) qu'à la fin de l'été (septembre) parce que les moules sont alors fixées très solidement avec leur byssus. À cette période de l'année, le vexar est d'ailleurs plus difficile à dégarnir que le polyrope à cause de la surface d'attachement supérieure offerte au naissain.

Il ne faut pas oublier qu'après la récolte, les jeunes moules ne sont plus dans leur milieu naturel. Il faut donc les manipuler avec précaution afin de minimiser le stress auquel elles sont soumises. Par exemple, elles doivent être tenues à l'écart d'un soleil trop ardent qui pourrait créer des conditions de dessiccation. Une bâche posée sur les bacs où sont les moules peut alors être utile pour protéger le naissain.

Le naissain peut être conservé hors de l'eau pendant 2-3 jours sans problèmes (Myrand et Bastien 1985). Il suffit de placer les bacs remplis de moules dans un endroit frais. L'addition d'un peu de glace permet de ralentir la déshydratation tout en conservant une certaine fraîcheur autour des moules. Des trous ménagés au fond des bacs permettent l'évacuation de l'eau de fonte et du liquide intervalvaire relâché par les moules. Ces trous d'évacuation sont importants sinon les moules du fond risquent de mourir asphyxiées dans cette eau stagnante.

Il est préférable de défaire au maximum les paquets de naissain détachés des collecteurs avant de procéder à la mise en boudins. Ceci facilite et accélère grandement l'opération de mise en boudins en réduisant les possibilités de colmatage du système de remplissage du filet tubulaire. Faite manuellement, cette opération est fastidieuse. Par contre, l'utilisation d'une dégrappeuse-trieuse facilite beaucoup la tâche. En plus de défaire les paquets de naissain, cette machine trie les moules selon leur taille (Photo 3.7). Il est alors possible de remplir les filets avec des moules de taille plus homogène. Ces moules ont une croissance comparable et atteignent la taille commerciale sensiblement toutes à la même période. En conséquence, la quantité de moules de taille non-commerciale est moindre lors de la récolte et le rendement commercial est supérieur comparativement aux boudins faits avec des moules non triées.

L'emploi de la dégrappeuse-trieuse est aussi très utile avant la mise en boudins de jeunes moules cueillies sur les bancs naturels. Elle permet de séparer les moules les une des autres, et de les trier afin de ne conserver que celles mesurant 15-25 mm.

Types de filet tubulaire

Deux types de filet tubulaire de nature nettement différente sont en usage. Chacun possède ses avantages et ses inconvénients qu'il faut bien connaître avant de fixer son choix.

Filet canadien

Ce filet (Photo 3.8) conçu spécialement pour la mytiliculture est vendu en rouleau de 200 m. Il est principalement caractérisé par un diamètre fixe de 38 mm et des mailles variables. En fait, les mailles sont formées par l'enfilade de fils de nylon entre des bandes de plastique vert disposées à l'horizontale. La taille de la maille est donc déterminée par l'écartement des fils entre eux qui peut être variable.

Ces deux caractéristiques facilitent grandement le remplissage du filet. L'espace étroit entre les fils de nylon donne la possibilité d'utiliser du naissain de

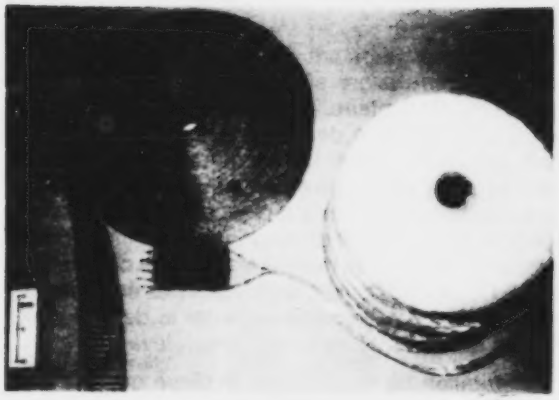
Photo 3.7
Naissain après son passage dans la dégrappeuse-trieuse.

toutes les tailles et de retenir les moules sans enregistrer de pertes importantes. Les précautions à prendre lors du remplissage du filet canadien sont donc restreintes. De plus, les mailles variables favorisent le passage ultérieur des moules à travers le filet dans leur recherche active de la meilleure position pour s'alimenter.

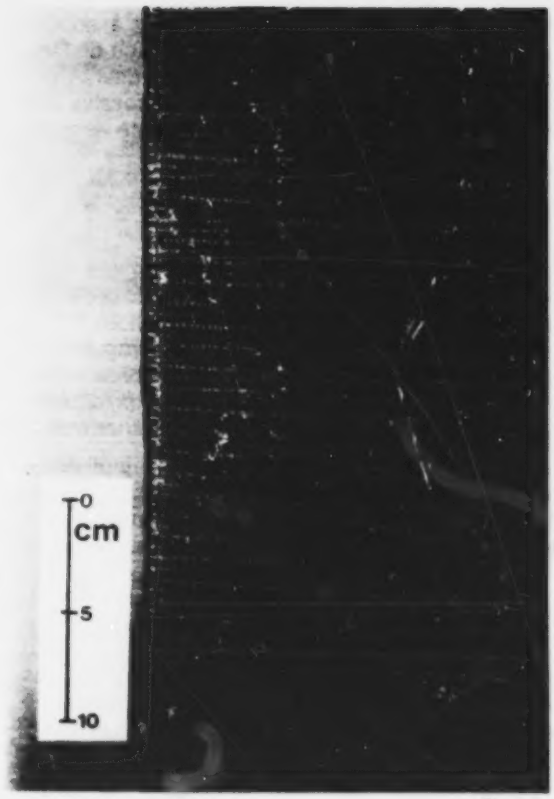
Le diamètre fixe facilite l'opération de mise en boudin en imposant le remplissage complet du filet tubulaire. Il est par contre difficile de contrôler la densité du naissain qu'on y met (moules par mètre de boudin). La seule façon de le faire est de jouer avec la taille des jeunes moules, et donc avec la date de mise en boudins.

Filet italien

Ce filet en nylon est disponible en rouleau de 1 000 m (Photo 3.8). Son diamètre peut atteindre une dimension maximale d'environ 150 mm tandis que ses mailles étirées mesurent 47 mm. Le remplissage de ce filet avec des moules ne mesurant que 15-25 mm cause évidemment des problèmes pratiques. Par exemple, un filet rempli de façon inadéquate va se vider complètement de son contenu. Des pertes considérables peuvent alors être encourues. De plus, ce filet ne peut pas être rempli complètement, son diamètre étant trop important et ses mailles trop grandes. Le remplissage complet du filet italien équivaudrait à la perte assurée de tout le naissain. La procédure de mise en boudins est conséquemment plus laborieuse et demande plus d'attention qu'avec le filet canadien. La densité du naissain est contrôlable par le diamètre d'ouverture du filet plutôt que par la taille des moules. D'ailleurs une ouverture restreinte du filet donne des mailles étroites et allongées, ce qui contribue à maintenir plus efficacement le naissain à l'intérieur du filet.



A



B

Photo 3.8
Différents types de filet tubulaire
(A) Rouleau de filet canadien à gauche et rouleau de filet italien à droite et (B) Gros plan du filet canadien à gauche et du filet italien à droite.

Choix d'un filet

Un producteur débutant devrait d'abord utiliser le filet canadien malgré son prix relativement élevé (0,22 $/m). Sécuritaire, ce filet réduit de beaucoup les risques de perte de naissain. La technique de remplissage de ce filet est aussi très simple à maîtriser et demande relativement peu de précautions. Le nouveau producteur n'a donc pas à se préoccuper des moules mises en boudins, et il peut se concentrer sur la maîtrise des autres aspects de la technique. Ce filet ne devrait cependant pas être rempli avec du naissain de petite taille car la densité des moules serait alors beaucoup trop élevée.

Le filet italien ne devrait être employé que par un mytiliculteur ayant une certaine expérience à cause de la plus grande maîtrise technique nécessaire pour son remplissage et du risque plus élevé qui y est associé. Le faible coût du filet italien (0,05 $/m) et sa facilité d'approvisionnement incitent à songer sérieusement à son utilisation. Le passage de l'utilisation du filet canadien au filet italien ne devrait toutefois être réalisé que sur une base progressive afin de s'assurer qu'il se déroule sans trop de risques.

Table de remplissage

La mise en boudins nécessite l'emploi d'une table de remplissage spécialement conçue à cette fin. Bien qu'il existe plusieurs variantes (Photo 3.9 et 3.11), la table de remplissage peut être vaguement comparée à un lavabo avec son arrivée d'eau salée, son bassin de rétention, son(ses) tuyaux(x) d'écoulement et le(s) bouchon(s) qui le(s) obstrue(ent).

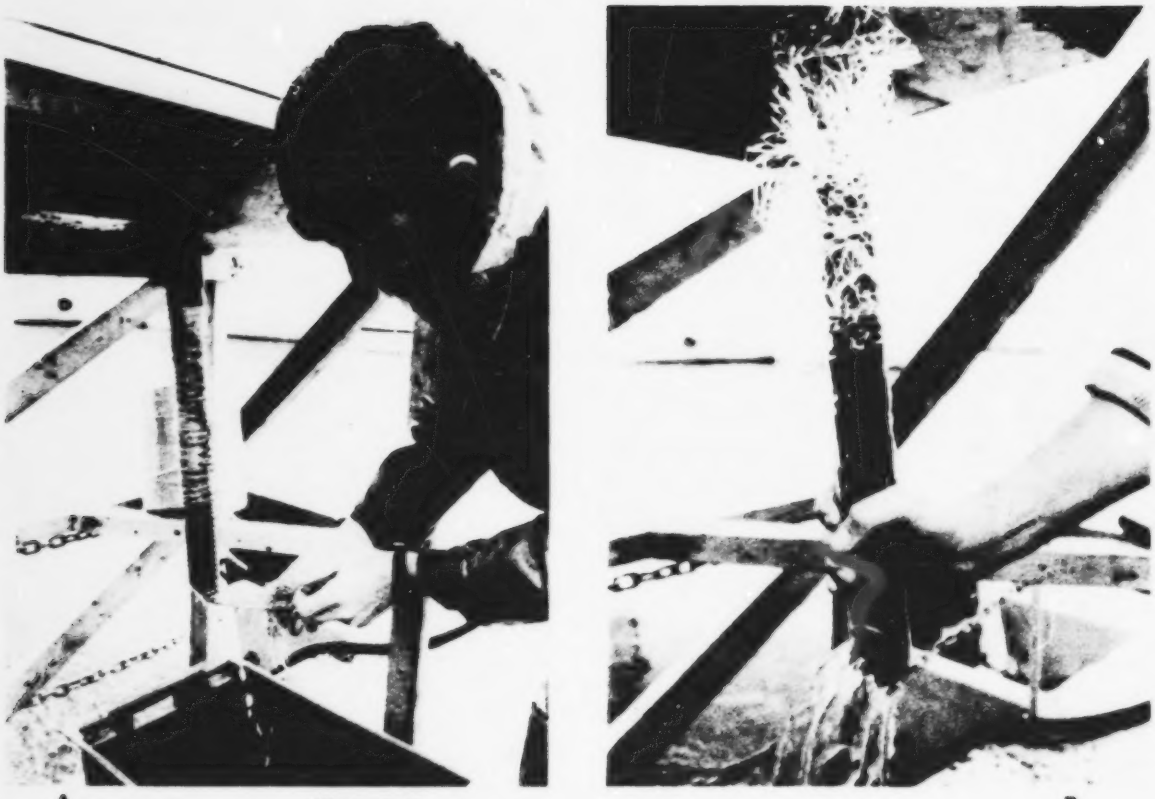
Peu importe le modèle, les tables de remplissage fonctionnent toutes selon le même principe, qui est d'ailleurs assez simple. Le naissain est mis dans le bassin où arrive l'eau salée tandis qu'un bouchon empêche l'écoulement du contenu du bassin. Le filet tubulaire est alors enfilé sur le tuyau d'écoulement. L'enlèvement du bouchon provoque ensuite l'écoulement de l'eau qui entraîne aussi le naissain. L'eau passe à travers les mailles du filet qui retiennent les jeunes moules au passage. Le filet se remplit en le tirant progressivement.

La table est généralement construite en aluminium bien que dans certains cas, elle soit en contreplaqué. Ses dimensions sont variables. Toutefois, une surface d'environ 1 x 2 m est fréquente. Les parois ne mesurent que quelques centimètres de hauteur. Elle est souvent placée en plan incliné afin de faciliter l'écoulement de l'eau et du naissain. Sa hauteur par rapport au sol est ajustée de façon à faciliter la traction du filet.

Le tuyau d'écoulement est en ABS, en PVC ou en aluminium. Son diamètre interne est de 31,5 mm pour le remplissage du filet canadien. Par contre, il peut varier au besoin dans le cas de l'utilisation du filet italien. Souvent, les tuyaux de diamètres différents sont interchangeables. Le tuyau doit être suffisamment long (au moins 45 cm) pour permettre l'enfilade d'un filet de 3 m de longueur. Il peut être placé verticalement par rapport au sol ou avec un angle d'environ 45°. Le travail est cependant beaucoup moins dur pour le dos quand le tuyau est placé en angle. Une bouteille vide d'eau gazeuse placée à l'envers fournit un excellent bouchon. Souvent la table est équipée avec 2 séries de tuyaux d'écoulement (Photo 3.9) de façon à être en mesure de remplir 2 filets en succession très rapidement (c.f.).

Une pompe, comme celles utilisées sur les bateaux par exemple, assure l'approvisionnement en eau salée. Un moyen de contrôle du débit (valve ou autre) placé au niveau de la table de remplissage est recommandé.

Photo 3.9
Table de remplissage double avec des tuyaux d'écoulement inclinés de diamètre différent.



A B

Photo 3.10
Enfilade du filet tubulaire sur le tuyau d'écoulement (A) Filet canadien et (B) Filet italien. À noter que le tuyau d'écoulement de la table n'est pas incliné.

Procédure de remplissage du filet

Procédure générale

Le filet est préalablement coupé à une longueur d'environ 3 m. Il est ensuite enfilé sur le tuyau d'écoulement dans lequel passe une corde de plastique (Photo 3.10). La corde pour botteleuse à foin fait très bien l'affaire en plus d'être économique. L'extrémité inférieure du filet est ensuite fermée par un noeud qui emprisonne aussi l'extrémité de la corde. Le bouchon enlevé, l'eau et les moules parviennent au filet qui retient le naissain au passage. Le filet se remplit à mesure qu'on le tire (Photo 3.11 et 3.12), et la corde de plastique est entraînée. Il est préférable d'exercer une tension sur la corde de plastique au cours du remplissage afin qu'elle ait la même longueur que le filet tubulaire. Le rôle de la corde est strictement préventif puisqu'elle sert à renforcer le boudin. Cette précaution peu coûteuse est fortement recommandée car elle peut éviter des pertes de boudins causées par l'usure du filet, particulièrement au point d'attache sur la ligne d'élevage.

Lors du remplissage, il faut éviter de laisser des sections vides le long du filet. C'est pourquoi on ramène le filet vers soi de façon progressive en prenant soin de s'arrêter dès qu'il y a interruption de l'arrivée de moules. Au besoin, on remonte un peu le filet de façon à ce que la partie déjà remplie rejoigne l'extrémité du tube d'écoulement et qu'il n'y ait plus d'espace vide.

On arrête le remplissage environ 50 cm avant d'atteindre l'extrémité du filet. Le remplissage lui-même est une opération qui ne prend que quelques secondes. Un noeud ferme ensuite cette extrémité juste au niveau des moules et le bout de filet qui reste sert à attacher le boudin à la ligne flottante à l'aide d'un noeud de demi-clé. Quant à la corde de plastique, elle est coupée à la même longueur que le filet. Le boudin de moules est finalement déposé avec précaution dans un bac.

Mis à part cette procédure générale, la technique de remplissage varie quelque peu en fonction des caractéristiques du filet tubulaire utilisé.

Photo 3.11
Mise en boudin d'élevage avec du filet canadien.

Photo 3.12
Mise en boudin d'élevage avec du filet italien.

Procédure pour le filet canadien

Il est préférable de ne tailler le filet canadien à la longueur voulue qu'au moment de son utilisation. Cette précaution est justifiée à cause des mailles formées avec les fils de nylon mobiles. Les sections coupées d'avance s'emmêlent et se frottent les unes aux autres. Les fils risquent alors d'être déplacés, particulièrement aux extrémités du filet. Ceci aboutit à la formation de mailles de grande taille incapables de retenir efficacement le naissain. À la rigueur, on peut préparer les sections d'avance mais en prenant toutes les précautions nécessaires pour limiter l'emmêlement. Une solution consiste à enrouler chaque section sur elle-même dès qu'elle est taillée. Les petits rouleaux ainsi obtenus sont ensuite déposés avec attention dans un contenant approprié (boîte ou bac).

Une paire de ciseaux constitue l'outil idéal pour tailler le filet sans trop déplacer les fils de nylon au cours de l'opération. Cette précaution mise à part, le filet canadien se remplit sans difficultés particulières (Photo 3.11).

Procédure pour le filet italien

À l'opposé du filet canadien, le filet italien avec ses mailles fixes peut être taillé d'avance sans problèmes en sections. Les caractéristiques particulières de ce filet causent toutefois certaines difficultés au remplissage. Au cours de cette opération, il faut veiller à garder les mailles étirées en exerçant une certaine tension sur le filet (Photo 3.12). C'est la seule façon de retenir les moules à l'intérieur de ce filet. Le cercle formé par la main placée à l'extrémité du tuyau d'écoulement permet de contrôler le diamètre du boudin (Photo 3.13).

Une fois rempli, le boudin est déposé avec précaution en cercle dans un bac. Le filet doit être maintenu tendu pour éviter les pertes de moules au cours de cette opération délicate. Le bac rempli de boudins est ensuite mis à l'eau (Photo 3.14). Ainsi, les jeunes moules peuvent reprendre leurs activités et secréter leur byssus. Quelques heures plus tard, les moules sont agglutinées les unes aux autres de même qu'au filet (Photo 3.15). Le boudin peut alors être manipulé sans crainte de perte excessive du

Photo 3.13
Contrôle du diamètre du boudin d'élevage fait avec du filet italien.

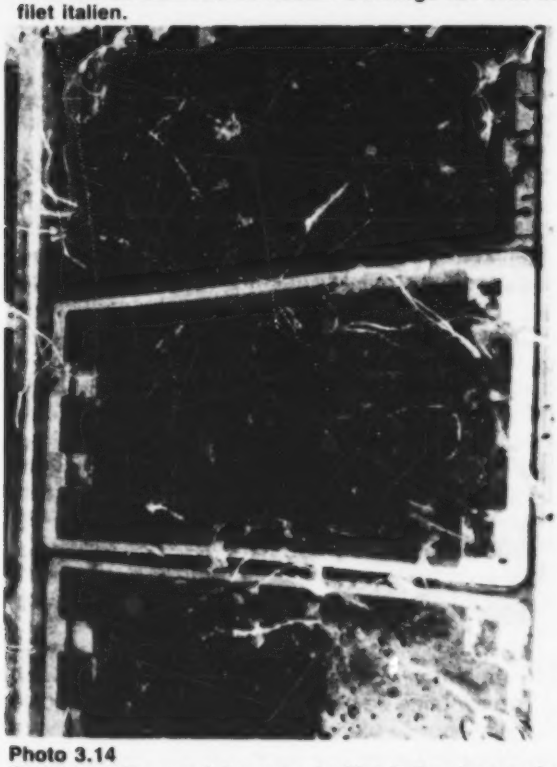


Photo 3.14
Boudins d'élevage faits avec du filet italien immergés dans l'eau pendant quelques heures pour permettre aux moules de s'agglutiner ensemble.

Photo 3.15
Boudin d'élevage fait avec du filet italien après un séjour de quelques heures dans l'eau salée.

naissain. Une période d'immersion de 4-12 heures devrait suffire (Myrand et Bastien 1985). Si cette période est trop longue, les boudins eux-mêmes vont s'agglutiner ensemble. La durée de cette période peut varier pour différentes raisons: densité du naissain, température de l'eau, stress, types des moules,... Il est donc préférable que le mytiliculteur fasse ses propres essais pour déterminer la période d'immersion optimale à son site.

Caractéristiques d'un boudin d'élevage

Un boudin d'élevage mesure environ 2,5 m de longueur. S'il s'agit d'un filet canadien rempli de moules, il pèse environ 2,5 kg (Photo 3.16). Dans le cas du filet italien, le poids du boudin varie en fonction de la densité des moules. Son poids devrait toutefois se situer autour de 1,7 kg.

Une densité trop grande de naissain provoque le migration d'une partie des moules qui cherchent à éviter cette situation de surpopulation. Il se forme alors de véritables queues de moules qui n'ont d'autre support que leur attachement les unes aux autres. Ces queues sont très fragiles et se détachent

A B

Photo 3.16
Boudins d'élevage après leur remplissage. (A) Boudin fait avec du filet canadien et (B) Boudin fait avec du filet italien (après un séjour de quelques heures dans l'eau).

facilement entraînant des pertes appréciables. De même, le boudin trop dense est souvent victime de pertes de grappes de moules qui tombent sous l'effet de leur propre poids et du manque de support. Par contre, une densité trop faible fournit un rendement médiocre tout en favorisant, l'année suivante, la fixation de naissain entre les moules trop espacées.

L'expérience acquise au fil des ans à l'Île-du-Prince-Édouard indique que la densité optimale serait de l'ordre de 600 moules par mètre de boudin fait avec du filet italien (Myrand et Bastien 1985).

Organisation du travail

L'opération de mise en boudins requiert 2 ou 3 personnes. Une équipe de 2 personnes peut faire jusqu'à 500 boudins d'élevage par jour si les paquets de naissain sont défaits avec une dégrappeuse-trieuse tandis que trois personnes peuvent en faire jusqu'à 800 (M. Wayne Somers, comm. pers.). D'autre part, une équipe de deux personnes qui doit défaire les paquets de moules manuellement remplit environ 100 boudins dans la même journée.

Dans l'équipe de travail, une personne est chargée de tout de ce qui concerne l'écoulement au niveau du bassin: approvisionner en naissain le bassin de rétention, enlever et remettre le bouchon, approcher le naissain du tuyau pendant le remplissage, dégager le tuyau d'écoulement avec une baguette si un paquet de moules le bloque,... Elle peut s'occuper de deux tuyaux d'écoulement s'ils sont employés à tour de rôle. La tâche de l'autre (ou des 2 autres) personne(s) se rapporte à tout ce qui concerne l'enfilade et le remplissage du filet tubulaire de même que la manutention du boudin nouvellement fait. Si deux personnes sont affectées au remplissage, l'une prépare son filet pendant que l'autre procède au remplissage du sien, et ainsi de suite en alternance.

Mise en élevage en suspension

Généralement, une ligne d'élevage sert de support à une centaine de boudins suspendus à la verticale (en I) et espacé d'environ 75 cm (Fig. 3.6). Chaque boudin est attaché à la ligne flottante par un noeud

de demi-clé fait avec la protion non-remplie du filet renforcée par la corde de plastique.

Les boudins peuvent être suspendus en U, comme les collecteurs, afin de tirer profit de plans d'eau moins profonds (Fig. 3.6). Une distance de 60 cm entre les deux extrémités du boudin devrait être suffisante pour éviter le frottement des sections de boudins entre elles. En laissant environ 15-20 cm entre les boudins, une ligne d'élevage est en mesure de porter une centaine de boudins suspendus en U.

Habituellement, une bouée de polystyrène de taille moyenne (avec les anneaux de métal), suffit pour supporter 3-5 boudins compte-tenu de leur poids respectif. Les bouées de plus grande taille (trouées) sont disposées en plus petit nombre, soit environ une bouée pour 5-7 boudins.

Hivernage de la ligne d'élevage

Tôt ou tard, il faut songer à immerger la ligne d'élevage en prévision de l'apparition des glaces. Sans cette précaution, la ligne sera emprisonnée dans la glace, ce qui résulte généralement en une perte totale le printemps suivant. Dans la plupart des régions, le mouvement des glaces est trop destructeur pour courir le risque de laisser la ligne en surface.

Le principe de l'opération consiste à immerger la ligne suffisamment pour éviter les problèmes causés par la glace, mais sans s'approcher trop près du fond.

Période d'immersion

Idéalement, l'immersion ne devrait pas avoir lieu avant la mi-octobre afin de tirer profit le plus longtemps possible du bloom automnal de phytoplancton qui procure une abondante nourriture de qualité aux jeunes moules près de la surface. Par contre, il s'avère parfois plus profitable d'immerger la ligne d'élevage dès la suspension des boudins même si la nourriture est moins abondante près du fond. Cette alternative doit surtout être envisagée si le site d'élevage est peu abrité et exposé aux vents forts d'automne. L'immersion rapide permet alors de prévenir les pertes de naissain occasionnées par la turbulence des eaux en surface. Il s'agit donc de trouver le meilleur compromis possible pour profiter au maximum des conditions favorables en surface tout en évitant les problèmes associés aux grands vents d'automne.

Photo 3.17
Lests utilisés pour caler la ligne d'élevage. (A) Poches en tissu de fibre de verre remplies de sable et (B) blocs de ciment.

Photo 3.18
Boudin de moules de 1 an couvert de naissain de l'année.

Photo 3.19
Crabes tourteau (*Cancer irroratus*) se nourrissant de naissain fixé sur, et entre, les moules d'un boudin d'élevage.

Immersion

L'immersion est obtenue en ajoutant un surplus de poids sur la ligne flottante. L'addition de poches remplies de sable ou de gravier est encore une méthode très employée actuellement. Les sacs sont attachées à la ligne flottante par un câble (diamètre 9,5 mm) mesurant 1 m de plus que la longueur des boudins (Fig. 3.7). Ceci a pour conséquence de garder les boudins éloignés du fond ce qui les protège de l'envasement et des prédateurs benthiques. Il faut que le câble reliant la poche à la ligne flottante ne soit pas placé trop près d'un boudin. Cette précaution permet de limiter au minimum la perte de moules causée par le frottement du boudin autour du câble. Leur frottement et leur emmêlement peut d'ailleurs aussi provoquer l'usure prématurée, et même la rupture du câble.

Les poches doivent être suffisamment solides pour résister aux déchirures. C'est pourquoi elles sont habituellement fabriquées en toile de fibre de verre. Elles pèsent de 25 à 50 kg selon leur degré de remplissage (Photo 3.17). Actuellement, on tend de plus en plus à remplacer les poches de sable par des blocs en ciment de poids équivalent qui seraient évidemment récupérables (Photo 3.18). Grosso modo, il faut ajouter un sac de sable (ou un bloc) de 25 kg par bouée de polystyrène pour caler efficacement la ligne d'élevage. Par contre, une poche ou un bloc de 50 kg suffit pour 2 bouées.

Compte-tenu du coût relativement élevé des poches (Annexe 1) et de la somme de travail exigé pour la procédure d'immersion, il faut réduire au minimum le nombre de poches (ou de blocs) nécessaires à l'immersion d'une ligne. Ceci peut se faire en réduisant la quantité de bouées sur la ligne flottante. La difficulté d'application de cette stratégie réside dans l'estimation de la quantité minimale de bouées nécessaires pour maintenir les boudins en suspension dans la colonne d'eau malgré l'augmentation du poids des moules et la diminution de la flottaison des bouées durant toute la période d'immersion. Si le nombre de bouées n'est pas suffisant, les boudins d'élevage vont toucher au fond, ou du moins s'en approcher dangereusement. Encore de petite taille, les jeunes moules constituent alors des proies faciles pour les crabes.

Avant l'immersion de la ligne, il est recommandé de ne laisser que la quantité de bouées en polystyrène nécessaires pour que chacune soit émergée d'environ 10 cm (M. Wayne Somers, comm. pers.). Ce niveau de flottaison de la ligne d'élevage serait suffisant pour maintenir les boudins éloignés du fond pendant toute la période d'immersion.

Localisation de la ligne immergée

Les bouées servant à repérer la position des acrages sont remplacées par des perches de bois (Fig. 3.7) qui offrent moins d'emprise à la glace grâce à leur forme effilée. Au moment de l'apparition du frasil, la glace qui se forme sur l'extrémité émergée de la perche l'entraîne sous la surface. Lors de la disparition de la couche de glace au printemps, la perche délestée de son poids reprend sa position émergée. Si une plaque de glace dérivante l'atteint, elle glisse sur la perche sans l'arracher.

La perche de bois mesure 3-5 m de longueur. Elle est fabriquée à partir d'essences résistantes à l'eau: pruche, épinette,... Une pièce de bois de construction de 50 × 100 cm (2" par 4") traitée avec un pro-

duit de préservation (Pentox) peut aussi être utilisée même si elle a tendance à demeurer immergées après un certain temps dans l'eau. Un trou pratiqué au niveau de la partie inférieure de la perche permet de faire passer le câble qui la relie à l'ancrage. La perche est placée de façon à ce qu'elle soit émergée d'environ 2 m à marée basse.

Les perches localisant les ancrages constituent les seuls repères de la ligne visibles à la surface. Elles ne doivent cependant pas être les seuls points de repères disponibles à cause des possibilités toujours présentes de perte ou bris des perches. Il est essentiel d'être certain de retrouver toute ligne qui est immergée. Aussi, il est bon de prendre des points de repères visuels aux deux extrémités, et même au centre de la ligne. L'utilisation d'une boussole ou, idéalement, d'un système de positionnement Loran C peut aussi s'avérer très profitable.

Il est très important de numéroter chaque ligne avant de l'immerger puis de se préparer un plan détaillé de la localisation de chacune d'entre elles. Par la suite, dès qu'une ligne est repérée et identifiée, il est facile de localiser la position de toutes les autres.

Photo 3.20
Boudin de moules au moment de sa récolte.

Post-hivernage de la ligne d'élevage

Remontée en surface

Après le départ des glaces, la ligne est généralement remontée en surface. Cette opération est facilement réalisée par un plongeur chargé d'éventrer les sacs de sable. La ligne débarrasée de ces lests remonte en surface d'elle-même. Une autre alternative est la récupération des poches de sable ou des blocs de ciment pour réutilisation ultérieure. Cette opération nécessite l'utilisation d'un treuil pour remonter sans trop de difficultés les lests en surface.

Avantages

La remontée en surface permet aux moules de profiter de meilleures conditions d'accès à la nourriture phytoplanctonique. Dans les zones où l'eau en profondeur est nettement plus froide que l'eau de surface, la remontée en surface permet aussi d'accélérer le taux de croissance des moules.

En plus d'avoir habituellement des effets positifs sur la croissance, la remontée en surface au printemps offre aussi des avantages techniques. N'oublions pas que les moules gagnent beaucoup de poids au cours de cette seconde saison de croissance et que la flottabilité de la ligne l'élevage doit être ajustée en conséquence. Avec la remontée en surface, il est facile de surveiller le niveau de flottaison de la ligne car les bouées sont visibles. Lorsque la ligne n'est plus assez flottante, il est aussi très facile d'ajouter des bouées là ou c'est nécessaire.

Certains profitent de la remontée en surface des boudins pour les consolider. Comme en Espagne, ils ajoutent de petits bouts de bois en travers des boudins dans le but de fournir un support supplémentaire aux paquets de moules qui risquent de tomber sous l'effet de leur propre poids (Myrand et Bastien 1985).

Inconvénients

Le principal inconvénient de la remontée en surface printanière est qu'il faut immerger à nouveau la ligne d'élevage à l'automne en prévision de l'hiver. Il faut alors recommencer cette opération relativement coûteuse qui demande beaucoup de travail.

Dans certaines régions, la remontée en surface favorise aussi la fixation du naissain de l'année sur les moules. Les boudins placés près de la surface agissent alors comme des collecteurs très efficaces, et les larves se fixent en grande abondance sur et entre les moules. Dans certains cas, les moules en élevage sont littéralement recouvertes de naissain, ce qui crée une compétition énorme pour la nourriture et l'oxygène disponibles (Photo 3.18). La croissance et le rendement en chair des moules en élevage en sont affectés. Dans certaines occasions, on peut même enregistrer un taux de mortalité élevé chez les moules d'élevage. Face à une fixation importante de naissain sur les moules d'élevage, il faut réagir rapidement et sortir les boudins de l'eau pour déloger le naissain à l'aide d'un jet d'eau. Cette opération est cependant délicate car les moules ne sont pas fixées très fermement entre elles pendant la période estivale. L'utilisation du jet d'eau peut alors provoquer des pertes importantes de moules. La présence de crabes ou d'étoiles de mer sur les boudins peut alors être précieuse (Photo 3.19) car ces prédateurs s'attaquent au naissain qui leur est plus facilement accessible (Myrand et Bastien 1985; O'Neil et al., 1983).

Immersion continue

Une alternative à la remontée en surface printannière est l'immersion continue jusqu'au moment de la récolte. Dans cette optique, il faut évidemment mettre un plus grand nombre de bouées sur la ligne avant l'immersion pour être en mesure de compenser l'augmentation du poids des boudins de moules. En conséquence, il faut utiliser un plus grand nombre de poches de sable (ou blocs) pour la caler.

Avantages

L'opération d'immersion n'est faite qu'une seule fois. Aussi, la somme de travail et les coûts associés sont réduits. La ligne immergée n'étant pas affectée par les turbulences de surface, elle est moins sujette aux bris, aux pertes de bouées,... Des indices laissent croire que la ligne immergée serait peu touchée par la fixation du naissain de l'année sur les moules d'élevage. Ceci reste toutefois à vérifier de façon plus approfondie.

Inconvénients

L'immersion continue rend difficile la tâche de suivre l'évolution de la flottaison de la ligne. Une surveillance régulière en plongée sous-marine est alors nécessaire. Ceci peut devenir très contraignant s'il y a beaucoup de lignes à inspecter. Quelques bouées gardées en surfaces le long de la ligne immergée à l'aide de câbles permettent de suivre l'évolution générale de la flottabilité de la ligne d'élevage entre les plongées.

Si la flottabilité de la ligne devient insuffisante pour garder les boudins éloignés du fond, il devient très difficile d'ajouter des bouées par plongée sous-marine. L'utilisation de bouées à flottabilité variable (par injection ou expulsion d'air comprimé) peut être envisagée mais leur coût est encore trop élevé (M. Wayne Somers, comm. pers.).

À certains sites d'élevage, les moules en immersion continue peuvent présenter une croissance ralentie à cause d'un accès plus limité au phytoplancton et de la température de l'eau nettement plus froide qu'en surface.

Choix d'une stratégie

Le choix d'une stratégie de post-hivernage dépend surtout des caractéristiques du site d'élevage et des coûts associés à cette opération. Il est généralement plus avantageux de songer à la remontée en surface lorsque le site d'élevage est dans une zone profonde. Les moules profitent alors de meilleures conditions de croissance. De plus, il est actuellement préférable d'utiliser la remontée en surface car cela exige une moins grande maîtrise technique que l'immersion continue. C'est une opération laborieuse mais pas trop difficile à réaliser. L'amélioration technique de la seconde option se révèlerait très profitable dans les zones peu profondes où les conditions près du fond sont semblables à celles de la surface.

Croissance et récolte

Croissance et taille commerciale

Les moules mises en élevage en suspension aux Îles-de-la-Madeleine atteignent la taille commerciale de 50 mm environ 12-14 mois après la mise en boudins d'élevage, soit vers l'âge de 1 1/2 an (Fig. 3.8). Les boudins peuvent donc généralement être récoltés à partir du mois d'octobre (Photo 3.20). La figure 3.9 fait la synthèse du cycle de production mytilicole. Les données actuelles limitées concernant la croissance des moules à Carleton indiquent toutefois que la taille commerciale ne serait atteinte qu'au second printemps, soit environ 18-20 mois après la mise en boudins. Ceci reste à confirmer.

La croissance obtenue aux Îles est donc très comparable à celle observée généralement chez nos voisins des Maritimes où on pratique aussi l'élevage en suspension à partir de lignes flottantes (Incze et Lutz 1980; Muise et Macleod 1980; Myrand et Bastien 1985). Une croissance plus lente à Terre-Neuve et dans certains coins de la Nouvelle-Écosse (Myrand et Bastien 1985; Sutterlin et al. 1981) fait en sorte qu'il faut de deux ans à deux ans et demie ans pour atteindre la taille commerciale dans ces régions.

Selon Incze et Lutz (1980), le taux de croissance d'une moule mise en élevage en suspension est de 3 à 25 fois plus élevé que celui d'une moule sauvage de la même région vivant dans la zone sub-littorale.

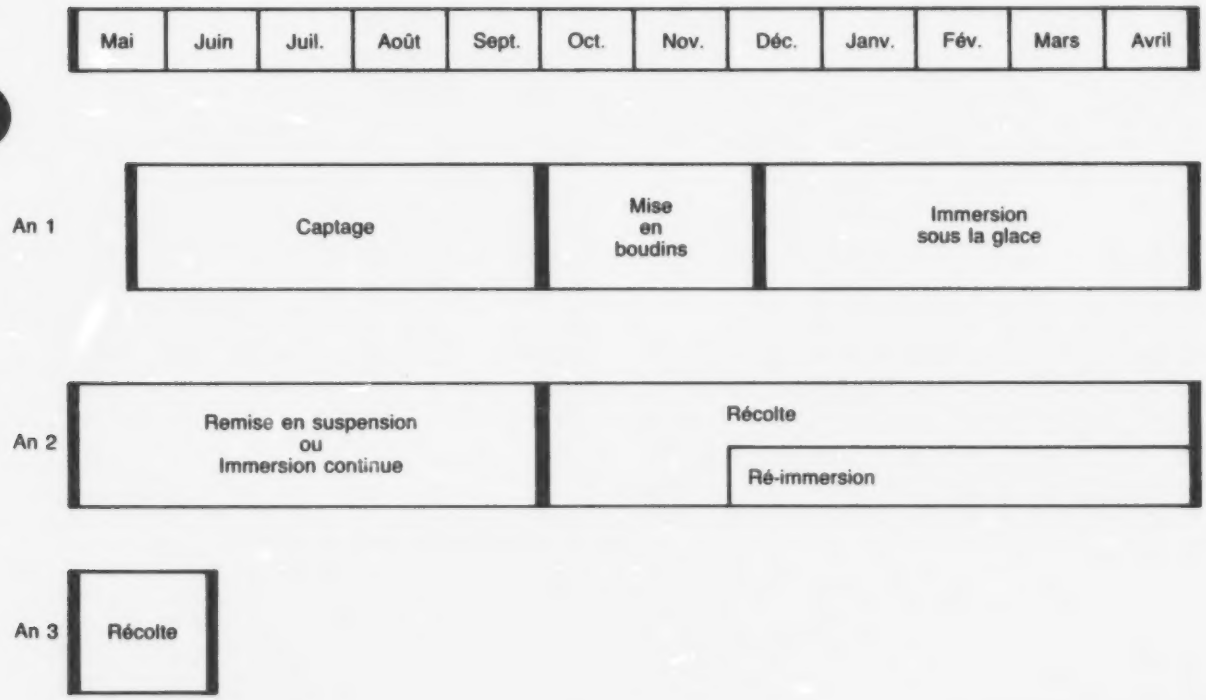


Figure 3.9
Cycle de production pour l'élevage en suspension sur ligne flottante dans nos régions.

Techniques de récolte

La période de récolte débute à l'automne quand une bonne proportion des moules atteignent la taille commerciale pour ensuite se poursuivre tout au long de l'hiver. La présence du couvert de glace hivernal impose alors une contrainte importante qui nécessite une technique de récolte appropriée. Le mytiliculteur débutant n'a toutefois pas à se soucier de la récolte sous la glace car sa production n'est pas suffisamment importante pour que ce soit nécessaire. Par contre, très rapidement, il devra obligatoirement étendre sa récolte à la période hivernale afin d'écouler sa production.

Photo 3.21
Panier de récupération des moules tombées lors de la sortie de l'eau des boudins.

Récolte en eau libre

Cette récolte ne présente pas de problèmes particuliers. Il faut toutefois prendre certaines précautions lors de la sortie de l'eau des boudins, particulièrement tôt à l'automne quand les moules ne sont pas attachées très solidement comparativement à l'hiver et au printemps. Pour pallier aux pertes parfois importantes de moules qui se détachent par paquets juste au moment de leur sortie de l'eau, on peut immerger un panier en treillis ou un filet près du bateau à l'endroit où les boudins sont sortis de l'eau (Photo 3.21). Les paquets de moules qui se détachent tombent dans le panier pour être récupérés plus tard.

Outre le panier de récupération, deux autres éléments techniques bricolés peuvent être fort utiles au moment de la récolte. Une paire de rouleaux fixés sur le côté du bateau permettent de retenir l'embarcation près de la structure d'élevage tout en facilitant son déplacement le long de la ligne flottante (Photo 3.22). Les boudins de moules sont ramenés à bord à mesure que la ligne flottante défile sur les rouleaux lors du déplacement de l'embarcation. Une pince «Vise Grip» modifiée de façon à pouvoir être attachée au bout d'une corde peut être très utile pour éviter de forcer dans une position inconfortable (penché par dessus-bord) pour ramener le boudin à bord du bateau (Photo 3.23)

Photo 3.22
Rouleaux placés sur le côté de l'embarcation pour faciliter le travail sur la ligne d'élevage.

Photo 3.23
Pince «Vice Grip» modifiée pour la récolte des boudins.

Certains mytiliculteurs de l'Île-du-Prince-Édouard ont installé une sorte de glissoire sur le flanc de leur bateau pour faciliter et accélérer l'opération de la récolte. À mesure que le bateau se déplace le long de la ligne, la glissoire rencontre les boudins et les entraîne un à un vers le haut. Dès leur arrivée au niveau du pont, quelqu'un les détache et les ramène à bord. Cette technique est d'une grande efficacité (M. Wayne Somers, comm. pers.).

Récolte sous la glace

La technique employée lors de la récolte sous la glace peut être plus ou moins élaborée selon l'importance de l'entreprise. Cependant, peu importe la méthode utilisée, il faut d'abord être en mesure de localiser avec précision la position de la ligne à récolter qui est immergée sous la glace. Les repères visuels pris avant le calage de la ligne sont alors très utiles. Les coordonnées de positionnement prises avec le Loran C sont aussi très précises. Certains producteurs utilisent même un autre système très ingénieux. Avant la prise des glaces, ils attachent une bouée à l'une des perches indiquant la position des ancrages de la ligne. À la prise des glaces, la perche se retrouve sous la surface glacée tandis que la bouée s'y trouve emprisonnée. Il suffit alors de faire un trou dans la glace dès qu'il est possible de se rendre à la ligne, d'enlever la bouée, et de faire sortir la perche par ce trou. Par la suite, la perche est emprisonnée dans la glace à son tour et devient un point de repère très visible en attendant le moment choisi pour la récolte (Myrand et Bastien 1985).

Au moment de la récolte, un trou est pratiqué dans la glace à une extrémité de la ligne avec une scie mécanique munie d'un long guide-chaîne (90 cm). Un plongeur coupe ensuite les câbles qui retiennent les sacs de sable de même que la ligne d'élevage au niveau de ses ancrages. Il prend toutefois bien soin de ne pas sectionner le câble reliant les perches aux ancrages. Cette précaution est essentielle pour retrouver les ancrages le printemps suivant. Libérée de ses amarres, la ligne avec ses boudins est hissée hors de l'eau, par le trou de plongée, à l'aide d'un treuil hydraulique. À sa sortie de l'eau, la ligne passe sur un tambour près duquel se tient quelqu'un chargé de détacher le boudin qui se présente tandis qu'un autre le met dans un bac (Photo 3.24). S'il y avait une perche pour marquer l'emplacement de la ligne où fut creusé le trou, elle est renvoyée sous la glace une fois la récolte terminée (Myrand et Bastien 1985; M. Wayne Somers, comm. pers.). Il va de soi que cette technique implique la récolte de tous les boudins de la ligne d'élevage.

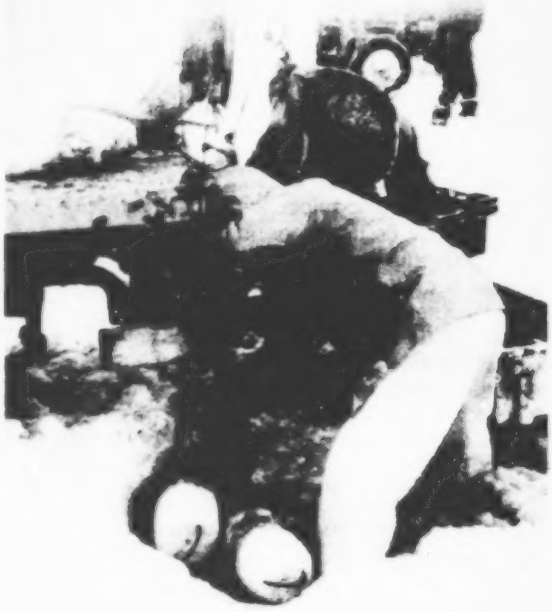


Photo 3.24
Récolte sous la glace.

Dans le cas d'une récolte restreinte, les boudins peuvent être ramenés à la surface par le plongeur lui-même. Dans ce cas, les boudins qu'il récolte sont attachés à une corde et remenés à la surface par des aides. Cette méthode est lente et laborieuse.

Les conditions climatiques parfois très difficiles en hiver imposent des contraintes importantes à l'opération de récolte. Pourtant, un producteur important doit être capable de la faire par presque tous les temps et toutes les conditions de glace. Ceci exige, en conséquence, une variété d'équipements adaptés aux situations qui peuvent être rencontrées: treuils à gazoline portatifs ou fixés sur différents moyens de transport, traînes, motoneiges, véhicules tout-terrains, camions (1/2 tonne), aéroglisseur («airboat»),... Ce dernier véhicule, bien que dispendieux (environ 40 000 $), est très utile lorsque les conditions de glace sont telles qu'elles ne permettent pas de supporter le poids de l'équipement ou des véhicules (début de l'hiver et printemps).

Rendement commercial

Le rendement commercial (moules $\geq$ 50 mm) d'un boudin d'élevage varie généralement de 10 à 20 kg (4-8 kg/m) chez les mytiliculteurs expérimentés (Myrand et Bastien 1985). Le rendement est influencé par une foule de facteurs: pertes de grappes de moules, technique de remplissage du filet tubulaire (stress, mortalité), caractéristiques du boudin au départ (densité et taille des moules), prédation, nourriture disponible, technique de récolte (pertes à la sortie de l'eau), période de récolte, compétition provoquée par la fixation du naissain de l'année sur les moules)... Ceci devrait inciter à toujours faire ses prévisions de production sur une base conservatrice afin d'être certain de les atteindre. Cet aspect est très important pour la planification des ventes.

Choix et essai d'un site d'élevage

Critères d'évaluation

Le choix d'un site doit d'abord être guidé par l'examen de critères qui peuvent être divisés en trois grands groupes: critères à incidence régionale, à incidence locale, et à incidence socio-économique (Tableau 3.4) (Jamieson et al. 1975). Par mesure de prudence, il vaut mieux disperser les structures d'élevage en plusieurs endroits différents. Ceci permet de réduire les aléas toujours possibles dûs à l'exploitation d'un seul site: mauvaise année de captage, mauvaise année de croissance, mortalité importante, rendement en chair trop faible pour la commercialisation, épidémie, problèmes de glace,...

La présence d'une population naturelle de moules à proximité de site d'élevage n'est pas un critère essentiel dans le choix d'un site. Bien sûr, cette présence est réconfortante car elle indique que le milieu est favorable pour l'espèce. Par contre, l'absence de moules sauvages à un endroit donné ne peut pas être interprétée de façon négative. Ce milieu peut être très favorable à la croissance des moules malgré des conditions adverses pour la fixation du naissain. Il faut aussi ajouter que l'absence d'une population naturelle d'adultes ne doit pas être considérée comme un indice négatif du potentiel de captage dans cette zone. Les larves emportées par les courants pendant plusieurs semaines peuvent se fixer à de grandes distances de leur lieu d'origine: jusqu'à 150 km selon Dare (1980). Le naissain capté à un endroit donné peut donc être tributaire d'une population plus ou moins éloignée de ce même site.

Tableau 3.4
Liste des critères à considérer lors du choix d'un site mytilicole.

Groupe de critères selon leur incidence	Critères
Incidence régionale	marée grandes vagues glace toxicité
Incidence locale	protection du site accès au site infrastructures disponibles profondeur nature du fond pollution température salinité nourriture disponible courants
Incidence socio-économique	Compétition avec d'autres utilisations (voies de navigation, pêche commerciale et activités récréatives)

Critères à incidence régionale

Ces critères devraient être examinés en premier puisqu'ils touchent l'ensemble d'une région donnée: marée, grandes vagues, glace, toxicité. Relativement faciles à déterminer, ils peuvent permettre d'éliminer rapidement une région non propice à la mytiliculture.

Il n'existe pas d'amplitude de marée idéale pour la mytiliculture. Il faut simplement garder en tête que le courant de marée permet le renouvellement de la masse d'eau au niveau du site. Il contribue aussi à approvisionner les moules d'élevage en nourriture et en oxygène tout en permettant l'élimination des produits d'excrétion. Par contre, une amplitude de marée importante génère des courants forts qui peuvent briser les lignes flottantes ou même emporter celles qui ne sont pas suffisamment ancrées.

Une zone soumise à de grandes vagues est problématique puisque des bris et des pertes potentielles de lignes flottantes sont toujours à craindre. Il faut aussi prendre en considération la difficulté de travailler au site lorsque cette situation prévaut.

Le problème de la glace se situe principalement au niveau de ses déplacements. Une glace qui bouge peu n'est pas vraiment source de problèmes. Si la glace fond sur place, il n'y a pas de danger pour les lignes, même pour celles laissées en surface. Par contre, une glace qui se déplace pendant l'hiver pour former des amoncellements cause des problèmes. Ces amoncellements de glace (banquises) échouent souvent sur la côte rendant l'accès au site difficile pour la récolte. Lors de leurs déplacements, les amoncellements peuvent aussi emporter les lignes immergées situées sur leur passage. Dans ces zones, les lignes doivent être immergées près du fond par grande profondeur (12-15 m).

Actuellement, une zone intoxiquée par *Gonyaulax tamarensis* n'est pas très propice pour la mytiliculture à cause des risques qui seraient encourus par les consommateurs. Avant de songer éventuellement à l'exploitation d'une telle zone, il faudrait acquérir une série temporelle de données fiables sur le patron d'intoxication du site prévu (amplitude, fréquence, période,...) de même qu'un suivi rigoureux du niveau d'intoxication au cours de l'élevage. Ces exigences sont cependant difficiles à satisfaire.

Critères à incidence locale

Si les conditions générales qui prévalent dans la région choisie s'avèrent propices, la seconde étape est l'examen de sites particuliers. Les critères à incidence locale sont alors examinés avec attention: protection du site, accès au site et infrastructures, profondeur, nature du fond, pollution, température, salinité, nourriture disponible et courants.

Certains de ces critères sont faciles à évaluer ou à mesurer. Ainsi, il est facile d'évaluer la protection du site contre les vents et les vagues. Un site abrité est très recherché car il offre une meilleure protection aux structures d'élevage et facilite beaucoup le travail au site. Ceci peut même réduire les problèmes causés par les glaces. Un examen rapide des lieux renseigne aussi sur les facilités d'accès au site potentiel et sur les infrastructures disponibles à proximité. Un accès facile au site est un atout important car il permet de réduire les coûts d'exploitation (temps et coûts liés au déplacement) tout en facilitant la tâche. Il en est de même pour la proximité des infrastructures liées à l'exploitation (atelier, vivier,...).

Il est aussi très facile de connaître la profondeur et la nature du fond au site potentiel. Rappelons rapidement qu'un fond mou est idéal pour un ancrage solide. La profondeur devrait idéalement se situer autour de 10 m pour faciliter l'immersion des lignes. Toutefois, il faut plutôt envisager une profondeur de 15 m là où la dérive d'amoncellements de glace est importante. C'est notamment le cas dans la Baie des Chaleurs. Par contre, une profondeur aussi restreinte que 5,2 m est acceptable dans les lagunes des Îles-de-la-Madeleine en raison des mouvements limités de la glace. À la rigueur, il est même théoriquement possible de tirer profit de sites aussi peu profonds que 3,5 m en accrochant les boudins d'élevage en U sur la ligne. Cette alternative n'a pas encore été suffisamment expérimentée. Aussi, il faut la considérer avec réserve pour le moment.

L'examen sérieux du site potentiel révèle s'il y a des problèmes de pollution causés par des effluents domestiques ou industriels à proximité. Ces zones sont évidemment à proscrire à cause du pouvoir concentrateur de la moule.

Les autres critères (température, salinité, nourriture disponible et courants) sont difficiles à quantifier sans appareils scientifiques adéquats. La température et la salinité devraient se situer à l'intérieur des valeurs acceptables pour la croissance de la moule et, si possible, s'approcher des valeurs optimales: 10-20 °C et 26‰. Un milieu caractérisé par des variations brusques de salinité (arrivée d'un cours d'eau douce à proximité) devrait être examiné avec beaucoup d'attention car la croissance risque d'être ralentie par ce stress. La nourriture disponible et les courants sont deux facteurs liés étroitement ensemble. Ce sont d'ailleurs les deux facteurs qui déterminent la productivité maximale, et donc la limite de développement d'un site mytilicole (Lutz 1979; Rosenberg et Loo 1983; Ryther 1969).

Il est possible d'évaluer le potentiel d'un site sans mesures directes et précises des quatre paramètres précédents. Il suffit simplement de suivre la crois-

sance de moules expérimentales mises en élevage. Ce paramètre intégrateur indique la réponse globale des moules face au milieu testé. Si la croissance est rapide, le site offre certainement un potentiel intéressant.

Critères à incidence socio-économique

Outre les critères à incidence locale, il faut aussi considérer les possibilités de compétition avec d'autres utilisations du plan d'eau potentiel. Dans certains cas, l'établissement d'activités mytilicoles est impossible à cause de la priorité accordée à d'autres utilisations telles les voies de navigation, la pêche commerciale ou les activités récréatives.

Essai d'élevage

Il n'existe pas de recette magique quant au choix d'un site. Les différents critères doivent être pris en considération les uns par rapport aux autres et servir simplement de guides. D'ailleurs, la plupart de ces critères sont évalués sur une base qualitative, et il n'y a probablement aucun site qui puisse être idéal. Chacun offre des avantages et des inconvénients qu'il faut connaître.

Une fois le ou les sites choisis à partir des critères d'évaluation, il faut faire un essai d'élevage pendant au moins 2 ans avant de fixer son choix ou de songer à une expansion importante. Cette période correspond à la durée d'un cycle complet de production (captage et élevage jusqu'à la taille commerciale). Cet essai permet aussi de connaître la fiabilité et le rendement du captage de même que l'efficacité de divers types de collecteurs au(x) site(s) expérimental(aux). Rien ne peut donc remplacer cet essai pratique pour juger le potentiel réel du site. Cette période d'essai permet aussi au nouveau mytiliculteur de se familiariser avec la technique d'élevage et de l'adapter à sa réalité.

Plan de développement

Le rythme de progression pour une nouvelle entreprise mytilicole au cours des 3 premières années pourrait être le suivant:

An I:
- — Mise à l'eau d'au moins 500 collecteurs de différents types et fabrication de 1 000 boudins d'élevage.
- — Estimé du coût maximal des matériaux: 5 000.00 $ (c.f. Annexe II)
- — Récolte anticipée: 5 000-10 000 kg

An II:
- — Mise à l'eau d'au moins 1 000 collecteurs de différents types et fabrication de 2 000 boudins d'élevage
- — Récolte anticipée: 14 000-30 000 kg

An III:
- — Mise à l'eau de 1 500-2 000 collecteurs et fabrication de 4 000 boudins d'élevage
- — Récolte anticipée: 28 000-60 000 kg

Le producteur doit considérer ses premières années d'opération comme une période d'apprentissage indispensable. Un niveau restreint de développement à l'avantage de ne pas demander d'équipement sophistiqué ni d'investissements majeurs. De plus, le nouveau mytiliculteur est en mesure de conserver une autre occupation qui peut lui assurer un revenu, s'il le désire. Il faut surtout se garder de viser une expansion trop rapide au cours de ces premières années sinon on s'expose à d'amères déceptions. À la fin de cette période d'expérimentation, il est d'ailleurs plus facile de dégager les perspectives de développement réalistes de l'entreprise.

Partie 4

Qualité et marché

Qualité du produit

Moule bleue vs d'autres aliments

La moule bleue a un rapport poids de chair: poids total plus élevé, et possède des qualités nutritionnelles supérieures à la plupart des autres mollusques et crustacés traditionnellement exploités en Amérique du Nord (Lutz 1980). La moule se compare aussi très avantageusement à un aliment très populaire chez-nous: le steak T-Bone (Tableau 4.1).

Différents types de moules disponibles

La moule est l'une des rares espèces à fournir un produit d'élevage de qualité supérieure au produit sauvage (Sutterlin et al. 1981). De façon générale, la qualité des moules sauvages est juste suffisante pour le marché de la consommation humaine (Mason et Drinkwater 1981). Souvent leur qualité est très pauvre à cause des mauvaises conditions de leur environnement: surpopulation, exposition prolongée à l'air au cours du cycle de la marée, matière en suspension dans l'eau,... De plus, leur croissance lente est favorable à la formation de perles.

Les tableaux 4.2 et 4.3 comparent certaines caractéristiques des divers types de moules offertes aux consommateurs tandis que le tableau 4.4 fait la synthèse des caractéristiques de ces groupes.

Il est évident que les moules de cueillette sont d'une qualité plutôt médiocre et que les moules en élevage sur le fond, aussi appelées moules semi-cultivées, ont une qualité légèrement supérieure, principalement au niveau du rendement en chair. Les manipulations relativement simples impliquées dans l'élevage sur le fond ne permettent donc pas d'obtenir une différence de qualité marquée par rapport aux moules de cueillette. Ceci est particulièrement vrai au niveau de l'apparence externe du produit. Ces deux types de moules sont si peu différenciées que certains poissonniers soupçonnent qu'à l'occasion, on leur fournisse des moules de cueillette pour des moules en élevage sur le fond (Myrand 1986). De l'aveu même d'un mytiliculteur du Maine, l'apparence de la moule en élevage sur le fond est souvent si peu différente de celle de la moule de cueillette qu'il est souvent difficile de demander et d'obtenir un prix supérieur aux USA. Toutefois dans l'ensemble, les moules de cueillette et semi-cultivées ont été payées (US $) respectivement 0,55 $-0,59 $/kg et 0,73 $-0,79 $/kg aux producteurs de la Nouvelle-Angleterre en 1985 (Seafood Leader Buyer's Guide, vol. 6 1986).

Moule en élevage en suspension

Cette moule est d'une qualité nettement supérieure aux autres à bien des égards (Tableaux 4.2, 4.3 et 4.4). La taille de 50-70 mm correspond aux attentes des consommateurs qui préfèrent des moules de taille moyenne (Anon. 1985; Pound 1982). Le produit est exempt de vase, de sable et de perles. Les coquilles légères n'ajoutent pas de poids inutile. Leur propreté les rend attrayantes car le nettoyage avant la cuisson est réduit au minimum. Ce dernier élément est particulièrement apprécié par les restaurateurs. Le rendement en chair est très élevé (environ le double de celui des moules de cueillette). Il y a enfin un plus grand nombre de moules par unité de poids.

Tableau 4.1
Comparaison de la composition de la moule bleue et du steak T-Bone.

Élément	Moules (0,1 kg)	Steak T-Bone (0,1 kg)
Calories	95,0	395,0
Protéines (g)	14,4	14,7
Matières grasses (g)	2,2	37,1
Hydrates de carbone (g)	3,3	0,0
Calcium (mg)	88,0	8,0
Phosphore (mg)	236,0	135,0
Fer (mg)	3,4	2,2
Thiamine (mg)	0,16	0,06
Riboflavine (mg)	0,21	0,13

Tiré de Hurlburt et Hurlburt (1975)

Tableau 4.2
Comparaison des moules de cueillette, semi-cultivées et en élevage en suspension offertes aux consommateurs dans les poissonneries de Québec en 1985. Valeurs moyennes obtenues avec au moins 25 moules.

Date	Type de moules	Taille (mm)	Coquille poids (g)	Chair cuite poids (g)	Rendement En chair (%)
24 mai 85	1 Cueillette	73,5	19,2	5,2	21,4
	2 Sur le fond	64,3	13,0	4,7	26,6
	3 En suspension	56,9	6,9	5,4	42,5
29 mai 85	Cueillette	76,2	22,2	5,5	20,1
	Sur le fond	69,3	13,4	5,1	27,1
	En suspension	58,8	7,2	5,1	41,4
12 juin 85	Cueillette	68,6	20,6	4,8	19,5
	Sur le fond	—	—	—	—
	En suspension	58,1	7,0	4,8	39,4
28 août 85	Cueillette	69,1	20,6	3,6	14,7
	Sur le fond	—	—	—	—
	En suspension	59,8	5,4	2,8	34,2
24 sept. 85	Cueillette	71,4	23,2	4,4	16,4
	Sur le fond	72,8	17,9	4,6	20,3
	En suspension	67,9	11,1	4,7	29,6
09 oct. 85	Cueillette	73,5	24,3	4,2	15,4
	Sur le fond	78,0	21,8	5,5	20,7
	En suspension	68,7	12,5	4,7	27,0

1 Surtout en provenance du Nouveau-Brunswick
2 Surtout en provenance du Maine (USA)
3 Surtout en provenance de l'Île-du-Prince-Édouard

Tableau 4.3
Comparaison de certaines caractéristiques des moules de cueillette et en élevage en suspension (poids total identique) offertes aux consommateurs de la ville de Québec le 7 avril 86.

Caractéristique	Cueillette	En suspension
Poids frais total (g)	1 004,0	1 003,0
Poids de la coquille (g)	526,9	389,6
Poids de chair cuite (g)	227,1	356,0
Liquide intervalvaire (g)	250,0	257,4
Moules par kg	36	65
Rendement en chair (%)	30,1	47,7

Tableau 4.4
Synthèse des caractéristiques des divers types de moules.

Caractéristique	Cueillette	Sur le fond	En suspension
Taille	Grande (≥ 70 mm)	Moyenne-grande (≥ 60 mm)	Moyenne (45-70 mm)
Perles	Fréquent	À l'occasion	Jamais
Sable, vase	Oui	Oui	Non
Coquille	Lourde et «sale»	Lourde et «sale»	Légère et «propre»
Rendement en chair	Généralement < 25 %	Généralement < 30-35 %	30-50 %
Moules par kg	Environ 30	Environ 30	Environ 50-60

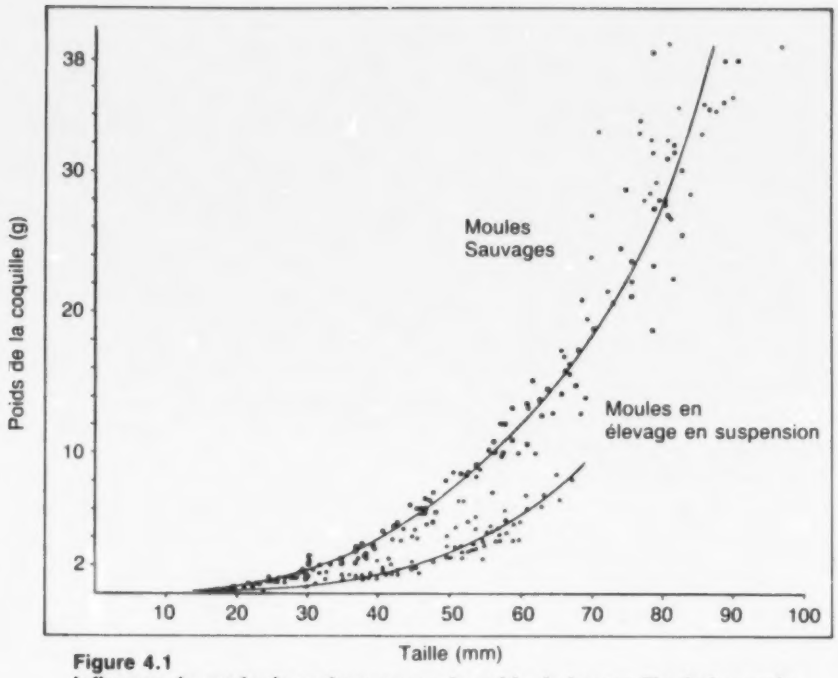


Figure 4.1
Influence du mode de croissance sur le poids de la coquille de la moule.
Tiré de Sutterlin et al. (1982)

L'absence de sable s'explique par la position de la moule dans la colonne d'eau. L'absence de perles est dûe à la croissance rapide de la moule en suspension qui permet leur récolte bien avant la formation de ces dépôts calcaires. Le poids relativement faible de la coquille (Fig. 4.1) est aussi le résultat de cette croissance rapide (Aldrich et Crowley 1986; Seed 1969). De même, l'absence d'incrustation d'organismes sessiles (balanes,...) sur la coquille de la moule en suspension contribue aussi à fournir une coquille allégée. Le rendement en chair élevé est la conséquence directe du faible poids de sa coquille et de l'importance de sa chair. À cet effet, la moule d'élevage en suspension, caractérisée par un taux de production élevé, investit une plus forte proportion de ses ressources dans la production de tissus somatiques que la moule en zone intertidale (Rodhouse et al. 1984). Le nombre élevé de moules par unité de poids est le résultat de la taille plus petite et du poids inférieur de la coquille de la moule élevée en suspension.

Les manipulations plus complexes liées à l'élevage en suspension permettent donc d'obtenir un produit de très haute qualité lorsqu'il est jugé sur les caractéristiques précédentes (Photo 4.1). À ces avantages, s'ajoute le fait que les caractéristiques organoleptiques (apparence, arôme, texture et goût) de la moule en élevage en suspension sont comparables, et quelques fois même supérieures, aux moules sauvages. En effet, un test de dégustation de moules de cueillette et d'élevage en suspension des Îles-de-la-Madeleine n'a pas montré de préférence organoleptique pour un type particulier (Poirier et Myrand 1982). Ce test ne tenait compte ni du rendement en chair ni de la présence possible de perles. Un autre test réalisé par Slabyj et al. (1978) indique, pour sa part, que les moules en élevage en suspension sont légèrement plus savoureuses que celles de cueillette. Ceci s'expliquerait par le fait que les moules de cueillette, en contact direct avec le fond, peuvent incorporer l'odeur de leur milieu environnant.

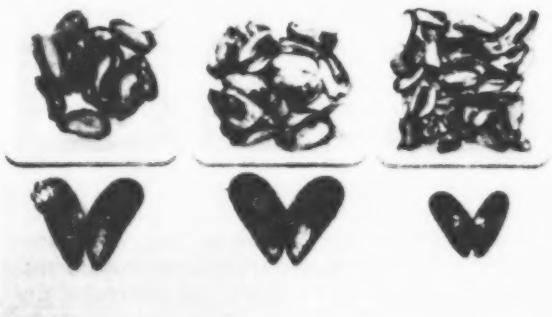


Photo 4.1
Différents types de moules disponibles sur le marché montréalais le 1er décembre 1986. Dans tous les cas, ce qui apparaît sur la photographie représente toute la chair cuite obtenue à partir d'un poids frais initial de 500 g. À gauche: moules sauvages (rendement en chair = 21,7%). Au centre: moules semi-cultivées (rendement en chair = 38,5%). À droite: moules en élevage en suspension (rendement en chair = 43,4%).

Indice de condition

L'indice de condition est une mesure employée très fréquemment en aquiculture, particulièrement chez les bivalves. Cette mesure sert à 2 objectifs: l'un est économique, l'autre écophysiologique. Dans le premier cas, il sert à mesurer la qualité du produit. Dans le second, il est employé pour caractériser l'état général du stock examiné. À cet égard, n'oublions pas qu'il représente la somme des activités physiologiques de la moule dans son milieu puisqu'il constitue la résultante de la dynamique de l'emmagasinage et de l'utilisation des réserves alimentaires de la moule (Lucas et Benninger 1985). Aussi, il résulte donc des interactions complexes qui lient la disponibilité en nourriture et la température d'une part, à la croissance, la gamétogénèse et la ponte d'autre part (Lucas et Beninger 1985; Robert 1981).

En fait, il existe plusieurs indices de condition (Giguère et Poirier 1978; Lucas et Beninger 1985; Robert 1981). Le rapport poids sec de la chair: poids de la coquille serait toutefois le meilleur indice disponible, selon Lucas et Beninger (1985), car il est facile à obtenir et à standardiser tout en permettant d'éliminer le biais dû aux fluctuations du contenu en eau des tissus. Cet indice nécessite cependant le séchage de la chair à 90°C pendant 24 heures (Bayne et al. 1983).

Rendement en chair

Les mytiliculteurs des Maritimes, quant à eux, utilisent un indice légèrement différent (Myrand et Bastien 1985) mais plus facile à obtenir qu'ils appellent «rendement en chair» (Annexe III):

$$\text{Rendement en chair (\%)} = \frac{\text{(poids de chair cuite} \times 100)}{\text{(poids de chair cuite + poids de la coquille)}}$$

Cet indice a surtout une valeur commerciale car il permet de caractériser clairement la qualité du produit. Il est, en outre, plus facile à comprendre par le consommateur que l'indice faisant intervenir le poids sec de la chair.

L'utilisation du poids frais total comme dénominateur du rapport du rendement en chair serait théoriquement préférable parce que plus explicite de ce que le consommateur obtient par son achat (poids de chair cuite: poids frais total). Par contre, la perte variable de liquide intervalvaire au cours des manipulations et de l'entreposage rend cette mesure très dépendante du moment où elle est effectuée. En conséquence, l'utilisation du poids combiné de la chair cuite et de la coquille comme dénominateur fournit un indice plus fiable et plus comparable, s'il est calculé un certain temps après la récolte des moules. Ce calcul du rendement en chair basé sur le poids combiné de la chair cuite et de la coquille est donc très valable pour l'évaluation de la qualité du produit offert au consommateur. Il est d'ailleurs hautement corrélé (r = 0,93) avec le rendement calculé sur la base du poids frais total de moules examinées immédiatement après leur récolte (Fig. 4.2). Les deux indices mesurent donc la même chose; le second étant plus facilement applicable puisque plus indépendant des pertes de liquide intervalvaire.

En conséquence, l'évaluation du rendement en chair telle que pratiquée de façon générale par les mytiliculteurs des Maritimes est aussi couramment utilisée au Québec. Outre la facilité avec laquelle cet indice est obtenu, une autre raison pratique en justifie l'emploi, soit la possibilité de comparer notre produit avec celui de nos voisins sur la même base d'évaluation.

Évolution saisonnière du rendement en chair

Le rendement en chair montre une grande variation au cours de l'année (Fig. 4.3; tableaux 4.2 et 4.3). Ces changements prononcés sont principalement liés, d'une part, au cycle d'emmagasinage et d'utilisation des réserves énergétiques, et d'autre part, au développement des gamètes et à la ponte (Incze et Lutz 1980). De façon générale, le rendement en chair atteint son plus haut niveau au printemps juste avant la ponte tandis que son minimum coincide avec la fin de la période de reproduction (Giguère et Poirier 1978; Lutz et al. 1980; Muise et MacLeod 1980; Robert 1981; Sutterlin et al. 1981). La ponte est donc associée à une baisse dramatique du ren-

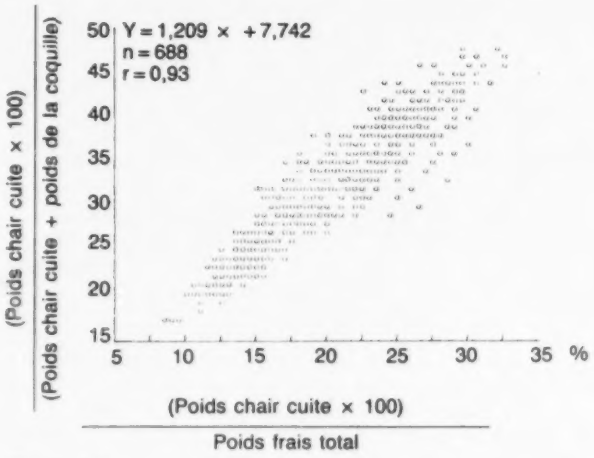


Figure 4.2
Relation entre deux indices de rendement en chair faisant intervenir le poids de la chair cuite.

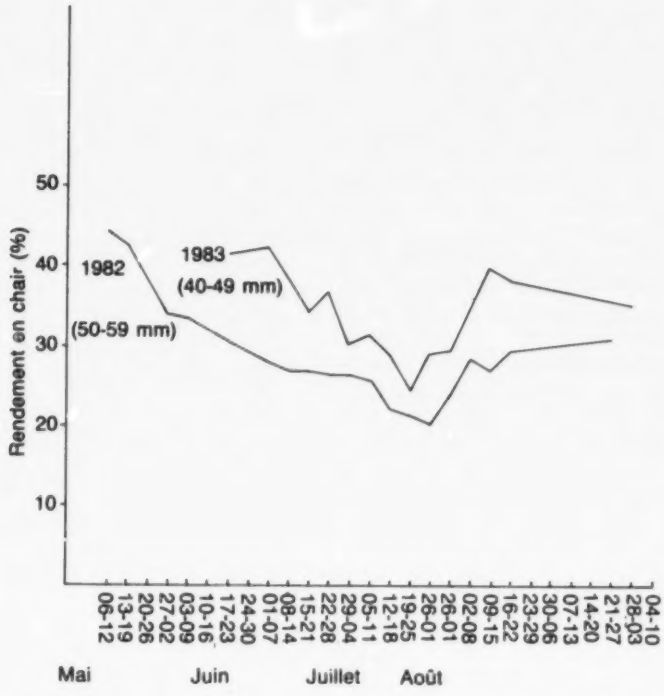


Figure 4.3
Évolution du rendement en chair des moules de 1 an (1983) et 2 ans (1982) aux Îles-de-la-Madeleine au cours de l'été 1984. En zone ombragée, période où le rendement est inférieur à 30%.

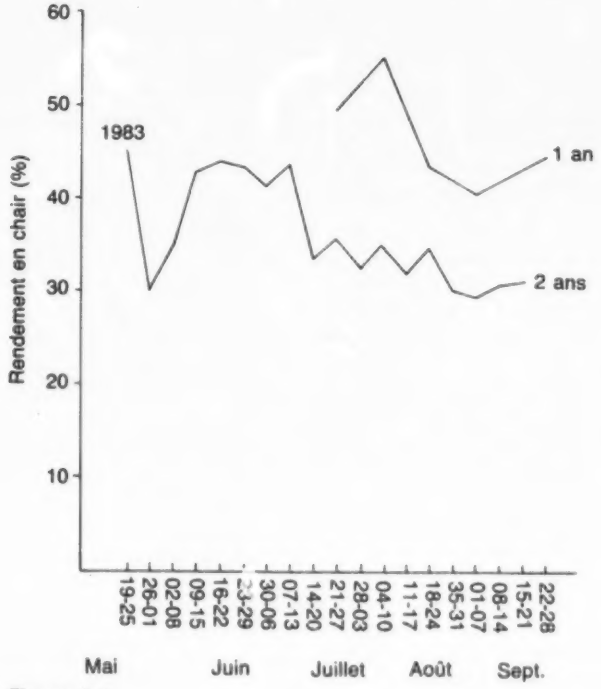


Figure 4.4
Évolution du rendement en chair de moules de 1 an (1984) et 2 ans (1983) à Carleton au cours de l'été 1985.

dement en chair à cause de l'importante perte de poids lors de l'émission des gamètes. Vers la fin de l'été, le rendement augmente à nouveau en réponse au bloom automnal de phytoplancton. Par la suite, il reste assez élevé tout au long de l'hiver pour ensuite augmenter à nouveau juste avant la ponte.

Toutefois, l'évolution du rendement en chair observé à Carleton, dans la Baie des Chaleurs, diffère de ce schéma typique (Fig. 4.4). Dans ce cas, le rendement en chair reste élevé même au cours de l'été. Une explication précise à ce phénomène n'a pas encore été apportée. La nourriture disponible pourrait cependant être mise en cause. En effet, mise à part la diminution dramatique du rendement lors de la ponte, Skidmore et Chew (1985) remarquent que sur l'ensemble de l'année, la quantité de nourriture disponible (concentration de nourriture et courants) est l'élément qui a le plus d'influence sur la variation du rendement en chair.

Variations saisonnières vs commercialisation

Cette variation saisonnière du rendement en chair est suffisamment importante pour devoir être prise en considération par le mytiliculteur qui veut fournir un produit de qualité supérieure. Cette préoccupation est d'autant plus importante que le producteur vend ses moules au poids.

Généralement, les mytiliculteurs des Maritimes tentent de ne commercialiser leurs moules que lorsque le rendement en chair est supérieur à 30 %. Les producteurs québécois doivent donc tenter d'en faire autant. Ceci a pour conséquence de limiter idéalement la commercialisation des moules en élevage en suspension des Îles-de-la-Madeleine à la période s'étendant approximativement du début septembre à la fin juin (Fig. 4.3). La situation est évidemment toute autre dans la région de Carleton où le rendement en chair a toujours été supérieur à 30 % jusqu'à maintenant (Fig. 4.4). Dans ce cas, la récolte peut se poursuivre tout au long de l'été.

Les exigences du marché rendent cependant souvent obligatoire la commercialisation de moules d'élevage en suspension pendant l'été malgré la diminution de leur rendement en chair. Au cours de cette période, les moules sont moins charnues et moins savoureuses qu'en d'autres temps (Anon. 1985). Toutefois, Pound (1982) mentionne dans son étude de marché que les acheteurs sont prêts à se satisfaire d'un rendement en chair estival de 20-25 %.

Vie étagère

Il faut toujours avoir à l'esprit que les moules d'élevage sont commercialisées vivantes. Aussi, après leur récolte, il faut les manipuler et les entreposer avec toutes les précautions qui s'imposent pour les conserver vivantes aussi longtemps que possible. Leur qualité en dépend.

La période qui suit la récolte est donc aussi importante que la période d'élevage elle-même. Il serait regrettable de gâcher un an d'efforts investis pour la production juste à cause d'un manque de précautions élémentaires à la toute fin du cycle des opérations. Comme principes généraux, on peut établir que (1) les moules doivent toujours être manipulées avec douceur et (2) ces manipulations doivent être réduites au minimum afin d'assurer une vie étagère maximale.

La vie étagère est généralement définie comme la période au cours de laquelle la mortalité des moules gardées hors de l'eau est inférieure à 10 % (Slabyj 1980).

Vie étagère réduite

Les moules d'élevage sont plus sensibles à une période d'émersion prolongée que les moules sauvages. Ceci se traduit par une mortalité plus importante et plus rapide des moules d'élevage (Wijsman 1976). La différence est surtout notable au cours de la période estivale. À compter de l'automne, elle s'estompe presque totalement (Poirier et Myrand 1982). Le bâillement de la moule d'élevage lorsqu'elle est hors de l'eau fournit certes une explication de cette sensibilité plus grande à l'émersion au cours de l'été.

Photo 4.2
Moules d'élevage en suspension qui baillent.

Bâillement de la moule d'élevage

Souvent la moule d'élevage en suspension garde sa coquille entrouverte quand elle est hors de l'eau (Photo 4.2). Ce phénomène est attribuable au fait que la moule en suspension, toujours immergée, n'est pas habituée à ouvrir et fermer régulièrement sa coquille avec le cycle de la marée comme le fait la moule en zone intertidale (Slabyj et Hinkle 1976). Elle n'a pas développé le réflexe de fermer sa coquille dès qu'elle est émergée.

Ce bâillement de la coquille se traduit évidemment par une perte de liquide intervalvaire qui peut entraîner la déshydratation rapide des tissus. La vie étagère s'en trouve alors réduite (Slabyj et Hinkle 1976).

La vie étagère des moules d'élevage peut toutefois être augmentée en les plaçant dans des conditions semblables à celles que rencontrent les moules de zone intertidale afin de leur permettre de développer leur réflexe de fermeture de la coquille (Slabyj 1980). Des essais réalisés aux Îles-de-la-Madeleine et en Nouvelle-Écosse au cours de l'été (juin et juillet) ont montré qu'il faut placer les moules d'élevage une dizaine de jours dans la zone des marées pour améliorer leur vie étagère (Muise et MacLeod 1980; Poirier et Myrand 1982). Cette acclimatation au régime des marées est cependant trop longue pour être vraiment opérationnelle dans le cadre d'une opération commerciale (Poirier et Myrand 1983). En conséquence, la très grande majorité des mytiliculteurs ne l'utilisent pas (Myrand et Bastien 1985).

Vie étagère variable

La vie étagère varie grandement au cours de l'année, que ce soit pour les moules sauvages ou les moules d'élevage (Fig. 4.5). C'est en saison estivale que les moules sont le plus fragiles (Slabyj 1980; Slabyj et Hinkle 1976). En période de ponte, la mauvaise condition physiologique des moules les rend très sensibles à une émersion prolongée et aux manipulations (Lutz et al. 1980; Slabyj et Hinkle 1976). Au cours de cette période, la ponte est même souvent provoquée par les manipulations (Lutz et al. 1980). De même, l'élévation du métabolisme des moules, causée par la chaude température estivale, provoque une utilisation accélérée des réserves énergétiques; ces réserves aux dépens desquelles elles doivent compter pour survivre après leur sortie de l'eau.

Les moules récoltées pendant la période estivale doivent donc être commercialisées très rapidement afin d'éviter des pertes importantes. En dehors de cette saison de fragilité extrême, la vie étagère est suffisamment longue pour ne pas imposer une commercialisation aussi prompte des moules. Pour la planification des opérations commerciales et le maintien de la qualité supérieure de la moule d'élevage en suspension, le producteur envisage généralement une vie étagère très conservatrice de 7 à 10 jours (Anon. 1985; Myrand et Bastien 1985). Cette précaution évite bien des ennuis.

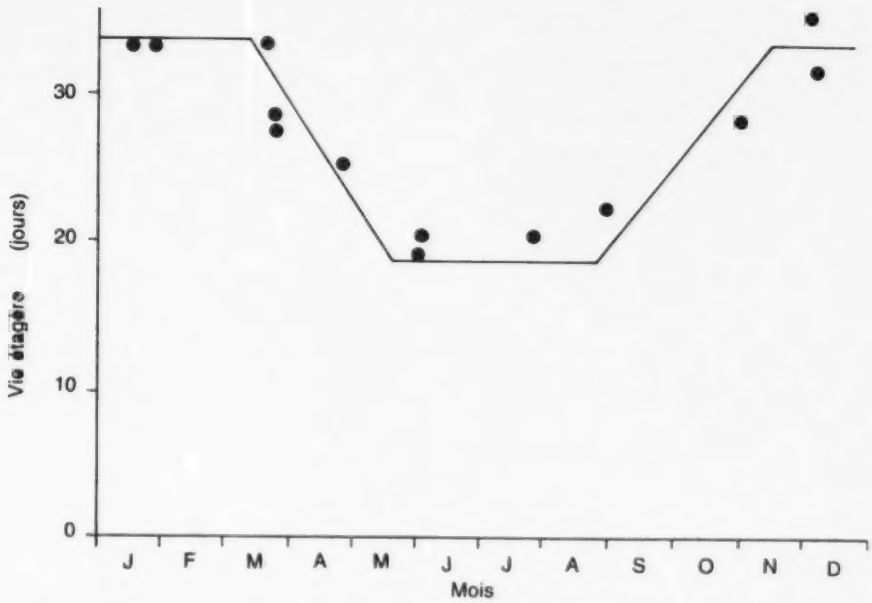


Figure 4.5
Variation de la vie étagère de la moule bleue au cours de l'année avec une température de conservation de 0-1,7°C (Données pour les moules sauvages et d'élevage combinées).
Tiré de Slabyj (1980)

Gestes à poser pour profiter d'une vie étagère maximale

Certaines précautions prises lors de la récolte des moules, de leur traitement, de leur entreposage, de leur emballage et de leur transport contribuent à maintenir leur vie étagère près de sa durée maximale compte-tenu de la saison.

Photo 4.3
Moules placées dans des bacs troués après leur récolte.

Lors de la récolte

Lors de la récolte, les boudins sont placés dans des bacs troués après avoir été défaits (Photo 4.3), ce qui facilite grandement les manipulations subséquentes. Les trous au fond des bacs permettent l'élimination de l'eau qui pourrait s'y accumuler et éventuellement créer des conditions d'asphyxie.

Par temps chaud, il est préférable de protéger les moules alors très fragiles d'un soleil trop ardent qui pourrait provoquer une augmentation importante de leur métabolisme et peut-être même causer la déshydratation des tissus de celles qui bâillent. Une bâche posée sur les bacs de moules offre une protection minimale.

Par temps très froid (sous le point de congélation), il faut prévenir le gel des moules. Ainsi, même si elles offrent une certaine résistance au gel, les moules récoltées au Maine à – 23,3°C sont victimes d'un taux de mortalité élevé lors de l'entreposage (Slabyj et Hinkle 1976). Par temps glacial, les mytiliculteurs de l'Île-du-Prince-Édouard entreposent les boudins nouvellement récoltés dans une benne de camion fermée contenant une chaufferette portative au kérosène en attendant le retour à l'atelier (M. Wayne Somers, comm. pers.). Recouvrir les bacs de moules d'une épaisse couche de neige pour les isoler du froid pourrait s'avérer une solution possible, faute de mieux. Un froid intense accompagné d'un vent fort crée une situation des plus redoutable à cause du facteur de refroidissement lié à l'action du vent. Dans ce cas, une bâche posée sur les bacs de moules recouverts de neige peut offrir une protection minimale contre le vent glacial s'il n'y a pas d'autres abris disponibles.

Lors du traitement

Rendus à l'atelier, les boudins de moules sont défaits en paquets qui sont ensuite introduits dans une dégrappeuse-trieuse (Photo 4.4). Cet appareil détache les moules les unes des autres, les lave, et les trie selon leur taille (commerciale ou non). Sa capacité de traitement est de 900 kg de moules par heure (Myrand et Bastien 1985).

Après leur passage dans cette machine, les moules de taille commerciale offrent une très belle apparence (Photo 4.5). Toutefois, ce traitement endommage souvent le byssus, provoquant ainsi la perte de liquide intervalvaire (Slabyj 1980). Ce traumatisme peut réduire considérablement la vie étagère des moules, surtout pendant la saison estivale où elles sont plus fragiles. La durée de passage dans la machine a d'ailleurs un impact sur la vie étagère des moules sauvages (Slabyj 1980) pourtant considérées comme plus résistantes que les moules d'élevage (Tableau 4.5).

La vie étagère des moules est grandement améliorée par leur retour dans l'eau salée pendant une certaine période juste après leur passage dans la dégrappeuse (Tableau 4.5) ou même leur dégrappage manuel (Tableau 4.6). Cette période de récupération leur donne la possibilité de regénérer leur byssus endommagé ou arraché, et de remplacer le liquide intervalvaire perdu (Slabyj et Hinkle 1976; Sutterlin et al. 1981). La période de récupération doit durer au moins 12 heures pour les moules d'élevage (Sutterlin et al. 1981), et 48 heures pour les moules sauvages (Slabyj 1980; Slabyj et Hinkle 1976). Avec l'allongement de la période de récupération, on assiste toutefois à la reformation de paquets de moules causée par la regénération des byssus (Sutterlin et al. 1981).

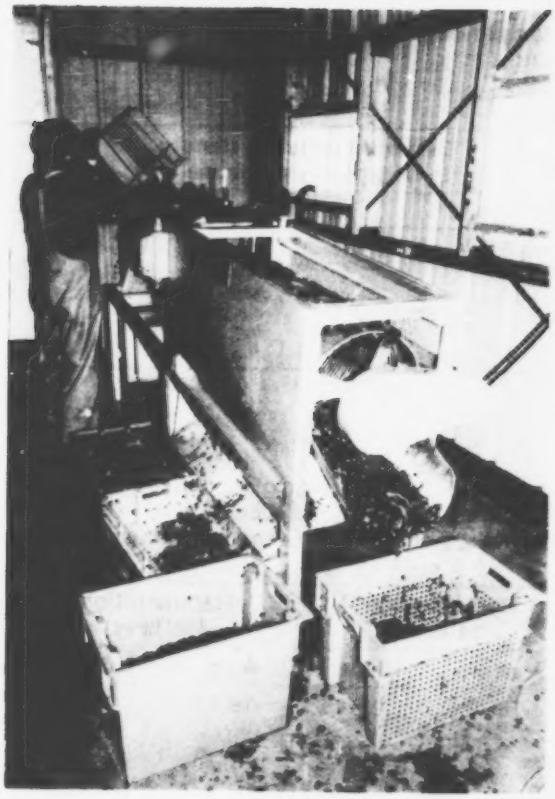


Photo 4.4
Dégrappeuse-trieuse.

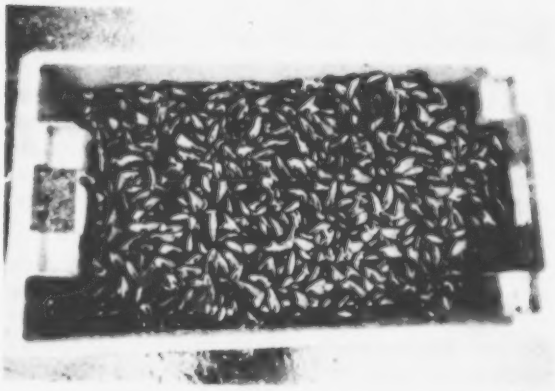
A

Photo 4.5
Moules de taille commerciale (A) à leur sortie de la dégrappeuse-trieuse et (B) en gros plan.

Lors de l'entreposage et de la livraison

La température d'entreposage joue un rôle primordial sur la vie étagère des moules. Par exemple, des moules gardées à 7,2°C ont une vie étagère réduite de plus de la moitié par rapport à d'autres placées à 1,7°C. En fait, la température d'entreposage devrait idéalement approcher 0°C (Slabyj 1980).

L'utilisation de la glace n'améliore pas la survie des moules placées dans un environnement maintenu près de 0°C (Tableau 4.6). Par contre, elle limite grandement la perte de poids des moules (Fig. 4.6). À cet effet, Slabyj (1980) remarque que la glace est utile en réduisant la déshydratation des moules et en retardant l'apparition de fortes odeurs. Ce délai serait explicable par la réduction de l'activité bactérienne sur la surface de la coquille qui est constamment baignée par l'eau de fonte de la glace (Slabyj et Hinkle 1976).



B

Tableau 4.5
Effet de la durée de passage des moules sauvages dans la dégrappeuse-trieuse et des conditions d'entreposage subséquentes sur leur vie étagère (jours).
Récolte en mars.

Conditions d'entreposage	Durée de passage dans la dégrappeuse-trieuse		
	2,5 min.	5,0 min.	10,0 min.
Entreposage immédiat à 0,6°C	24 j	17-20 j	13-17 j
Réimmersion dans l'eau salée pendant 48 heures avant l'entreposage à 0,6°C	27-31 j	27-31 j	23-27 j

Tiré de Slabyj (1980)

Tableau 4.6
Effets de la période de récupération et du mode d'entreposage (à sec ou avec glace) de moules d'élevage sur leur vie étagère et leur poids. Groupes de 50 moules de 40-44 mm récoltées en septembre 1983 et dégrappées manuellement. Entreposage dans une chambre à température maintenue à 1-3°C.

	Récupération (0 hre)		Récupération (24 hres)		Récupération (48 hres)	
	À sec	Glace	À sec	Glace	À sec	Glace
Vie étagère (jours)	15-16	14-15	16	16	16-17	17-18
Perte moyenne de poids des moules encore vivantes (%) *	35,0	16,3	34,2	17,1	35,8	17,2
Perte totale de poids du groupe de départ (%) * 1	37,6	23,1	29,6	22,0	33,3	22,2

* À la fin de la période de vie étagère
1 Tient compte de la perte de poids et de la mortalité

L'entreposage dans un environnement humide est très important pour limiter la déshydratation des moules. À défaut d'une chambre à atmosphère contrôlée, les contenants de moules peuvent être recouverts avec de la glace, des algues, des linges humides,...

Les moules sont placées dans des contenants troués qui permettent l'évacuation de l'eau provenant de la fonte de la glace ou des pertes de liquide intervalvaire. L'accumulation de ce liquide créerait des conditions d'asphyxie pour les moules qui y baigneraient. Cette précaution est importante car le bâillement des moules occasionne une perte importante de liquide intervalvaire, surtout au cours des 5-6 premiers jours de l'entreposage (Fig. 4.5; Poirier et Myrand 1982). Au cours de cette période, le poids moyen des moules entreposées à sec a subi une diminution de l'ordre de 25 %. Celui des moules conservées dans la glace a diminué d'environ 11-13 %.

Certains producteurs entreposent les moules dégrappées dans des viviers (comme ceux utilisés pour la conservation du homard par exemple) approvisionnés continuellement en eau salée jusqu'au moment de leur livraison (Photo 4.6). Cette pratique est surtout utile en hiver lorsque la température de l'eau et le métabolisme des moules sont très bas, permettant ainsi une conservation prolongée, soit 2-3 semaines. Ceci permet d'avoir constamment des moules sous la main, même en cas de tempêtes interdisant toute récolte pendant plusieurs jours. Dans cette optique, il est bon de prévoir une capacité de conservation en vivier qui corresponde au volume de commercialisation prévu pour 2 semaines.

En hiver, l'Atlantic Mussel Grower's Cooperative (IPE) met une couche assez épaisse (jusqu'à 40 cm) de moules dans ses viviers approvisionnés abondamment en eau salée. L'été par contre, les moules ne sont conservées que pendant de courtes

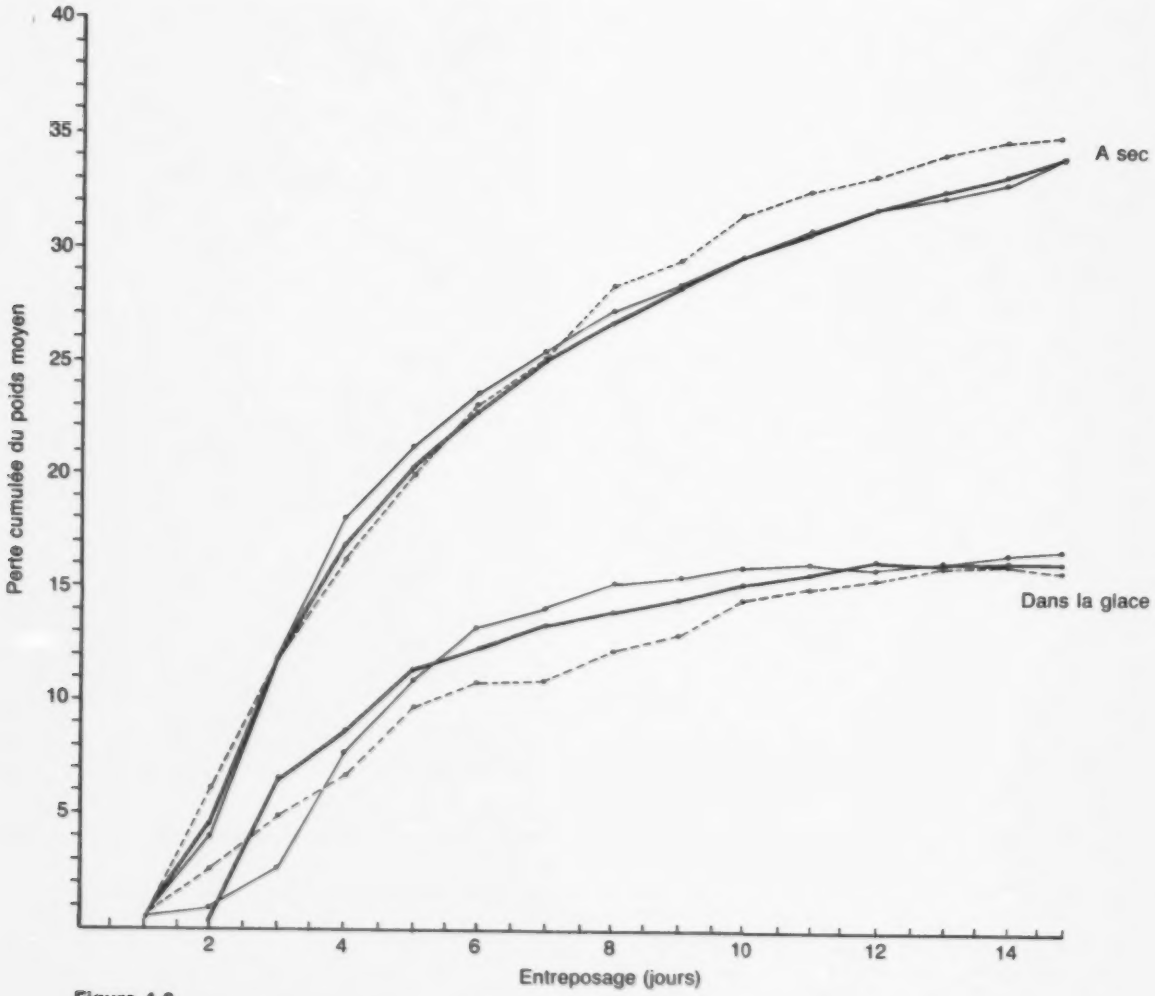


Figure 4.6
Perte cumulée du poids moyen de moules entreposées (à 0-3°C) au sec ou dans la glace après différentes période de récupération dans l'eau de mer.

périodes. Elles sont alors entreposées dans la glace plutôt que dans l'eau (M. Wayne Somers, comm. pers.). Ceci permet, entre autres, d'empêcher la ponte qui pourrait survenir dans l'eau dont la température est assez élevée. Slabyj (1980) ne recommande d'ailleurs pas la conservation prolongée en eau salée pendant l'été parce que le confinement des moules rendues fragiles par leur ponte résulte souvent en un taux de mortalité élevé.

Lors de l'emballage et de la livraison

Les moules sont emballées dans des contenants qui permettent l'évacuation de l'eau: poche d'oignon (Photo 4.7), poche ou sac de plastique troué,...

Les conditions de livraison doivent s'approcher le plus possible des conditions d'entreposage optimales afin de limiter les fluctuations de l'environnement ambiant. Si le moyen de transport est muni d'un système de réfrigération, il est bon d'isoler les moules de l'air froid et de la déshydratation en les recouvrant d'une toile de plastique. Si le moyen de transport n'est pas réfrigéré, les poches de moules sont recouvertes d'une toile de plastique sur laquelle on étend de la glace (Myrand et Bastien 1985).

La livraison par avion n'est cependant permise que si les moules sont placées dans un contenant étanche; par exemple une boîte de carton plastifié. De

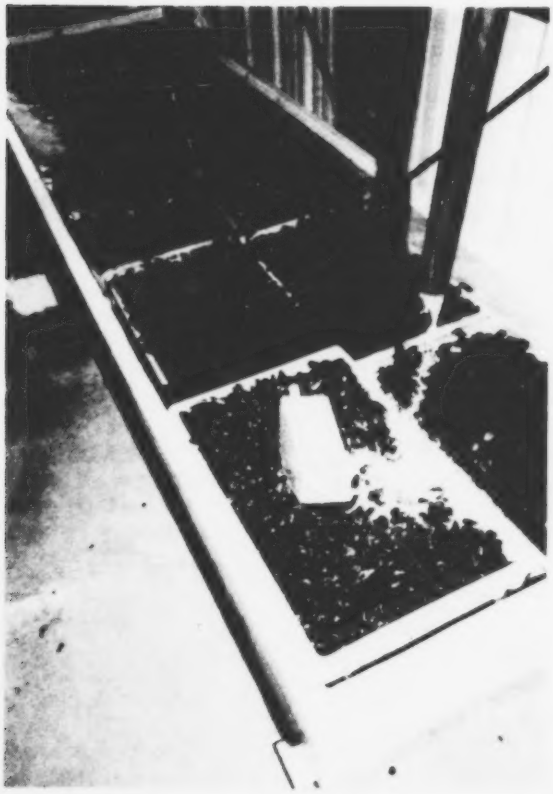


Photo 4.6
Vivier rempli de moules dégrappées.

Photo 4.7
Moules emballées dans des poches d'oignons (à 23 kg).

plus, les moules sont préalablement placées dans un sac de plastique étanche pour éviter tout écoulement de liquide dans la soute à bagages. Puisque la durée de transport est alors réduite, l'accumulation d'eau dans le fond du sac ne cause aucun problème réel. En été, un sac de glace hermétique est ajouté dans la boîte au besoin.

Marché

Caractéristiques du marché

Produit frais

Actuellement la demande pour la moule est substantielle, mais cela ne concerne que le produit frais (Pound 1982). D'ailleurs, 70 % du marché est constitué par le secteur de la restauration qui exige de plus en plus des moules d'élevage en suspension à cause de leur qualité supérieure. La majorité des intervenants interrogés par Pound (1982) se disent même prêts à payer plus cher pour une moule de qualité supérieure qui a un rendement en chair élevé. Ceci se réflète d'ailleurs dans le prix payé aux producteurs et dans le prix de vente au détail pour les différents types de moules (Tableau 4.7).

Des informations provenant des plus importants grossistes de Montréal (9) et de Québec (2) indiquent qu'en 1986, plus de 1 000 des 2 360 t.m. qu'ils ont vendues étaient des moules d'élevage en suspension (Bastien, comm. pers.). Ceci confirme le déplacement du marché vers la moule d'élevage depuis quelques années (Tableau 4.8).

Même si la demande pour les moules est plus forte en hiver qu'en été, il n'en reste pas moins qu'il existe un important marché estival (Anon. 1985). Il est encore peu exploité car les producteurs de moules semi-cultivées du Maine ont des difficultés à approvisionner le marché au cours de cette période à cause du faible rendement en chair de leurs moules en ponte: 10 %. De plus, beaucoup de producteurs américains sont touchés par des problèmes d'intoxication (PSP) vers la fin de l'été (Pound 1982). Au cours de la période estivale, la compétition provient donc principalement de la moule de cueillette.

Tableau 4.7
Comparaison du prix payé aux producteurs et du prix de vente au détail pour les différents types de moules fraîches commercialisées à Montréal et à Québec en août 1986.

Prix	Cueillette	Semi-cultivée	Élevage en suspension
Vente au détail ($ /kg)	0,86 $ - 1,52 $	1,74 $ - 2,20 $	3,46 $ - 4,38 $
Prix payé aux producteurs ($ /kg)	0,55 $ - 0,60 $	1,28 $ - 1,52 $	1,94 $ - 2,11 $

Tableau 4.8
Évolution de la part du marché québécois occupée par les différents types de moules.

Année	Cueillette	Élevage		Source
		Semi-cultivée	En suspension	
1982	75-80 %	20-25 %		Pound (1985)[1]
1984	51 %	12 %	32 %	Anon. (1985)[1]
1986	21 %	37 %	42 %	Bastien (comm. pers.)[2]

1 Montréal seulement
2 Montréal et Québec

Produit transformé

La transformation de la moule d'élevage pourrait offrir plusieurs avantages intéressants dont (1) l'ouverture d'un marché potentiel plus large, (2) la prolongation de la période de commercialisation et l'augmentation de l'étendue géographique de sa distribution (Europe,...) en s'affranchissant de la vie étagère réduite du produit vivant, (3) la possibilité d'une période de récolte concentrée dans le temps, (4) le développement d'une valeur ajoutée, et (5) l'utilisation des moules de taille non-commerciale obtenues lors de la récolte. Les points actuellement défavorables à la transformation sont l'importance actuelle du marché de la moule fraîche, la compétition étrangère et les bas prix qui y sont associés, les investissements importants qui sont nécessaires, et surtout le volume de la production actuelle trop limité (Ablett 1986; Anon. 1985; Pound 1982; Sutterin et al. 1981).

Les principales avenues de transformation possibles pour la moule d'élevage sont la congélation, la mise en conserve, la mise en marinade, et le fumage (Ablett 1986). Quelques travaux ont déjà été entrepris pour développer une procédure de congélation de la moule bleue et étudier la qualité du produit obtenu (Ablett et al. 1985; Krzynowek et Wiggin 1979; Slabyj et Hinkle 1976). Ces tests ont démontré que les moules ne se congèlent pas bien car elles développent des odeurs peu de temps après leur congélation (Pound 1982). En fait, la variabilité saisonnière, et même géographique, de la composition biochimique (surtout le glycogène) de la moule (Poirier et Myrand 1982; Zandee et al. 1980) entraîne une variation de la qualité du produit congelé (Ablett 1986; Krzynowek et Wiggin 1979). Cependant, des moules d'élevage cuites et décortiquées avant d'être congelées dans une saumure à – 18°C demeurent stables pendant 20 semaines (Ablett et al. 1985). En ce qui concerne le marché de la conserve, il est très restreint. Il est aussi très difficile à pénétrer à cause des prix très bas des produits d'importation disponibles (Pound 1982)

Exigences du marché actuel de la moule fraîche

Les acheteurs exigent un approvisionnement étalé sur une longue période plutôt qu'un arrivage massif de courte durée. Aussi, ils veulent un approvisionnement hebdomadaire (bi-hebdomadaire en été à cause de la vie étagère réduite), et si possible à l'année (Bastien, comm. pers.). La plupart favorisent l'emballage des moules dans des poches d'oignons. Certains apprécient que les moules leur parviennent recouvertes avec des algues pour en préserver la fraîcheur. Les grossistes demandent que le byssus ne soit pas enlevé tandis que le marché de la restauration préfère les moules débyssées. Les moules les plus appréciées sont de taille intermédiaire, soit 50-65 mm (Myrand et Bastien 1985; Pound 1982).

Les poches ou les boîtes de carton plastifié contiennent habituellement 23 kg de moules. Certains ont manifesté le désir que le poids des contenants soit plutôt baissé à 11,5 kg pour faciliter leur manipulation. De plus, les contenants de 1 kg sont très appréciés pour la vente au détail dans les épiceries (Anon. 1985). Ces contenants devraient être des sacs en plastique troués.

Les moules sont vendues au poids. Cependant, elles subissent d'inévitables pertes de liquide au cours du transport ce qui abaisse leur poids rendues à destination. En assumant une perte maximale de poids de 10 % (Fig. 4.4; Slabyj et Hinkle 1976), il faut ajouter un surplus de moules de cet ordre de grandeur au moment de l'expédition. En conséquence, une commande de 23 kg se traduit par un envoi de 25 kg (Myrand et Bastien 1985).

Références

ABLETT, R.F. 1986. Types and shelf-life of various mussel products. p. 104-126. In GILLIS, C.A. (ed.) Proceedings of the symposium on blue mussel culture, March 3-6, 1986. Charlottetown, IPE, 182 p.

ABLETT, R.F., GOULD, S. et D. SHERWOOD, 1985. Frozen storage performance of cooked cultivated Prince Edward Island *(Mytilus edulis):* Influence of ascorbic acid and chelating agents. Résumé des conférences de la réunion annuelle de l'Association aquicole du Canada et de l'atelier de santé des poissons. Halifax, Nouvelle-Écosse, 5-9 mars 1985.

ALDRICH, J.C. et M. CROWLEY. 1986. Condition and variability in *Mytilus edulis* (L.) from different habitats in Ireland. Aquaculture, 52: 273-286.

ALMADA-VILLELA, P.C. 1984. The effects of reduced salinity on the shell growth of small *Mytilus edulis.* J. Mar. Biol. Ass. U.K., 64: 171-182.

ALMADA-VILLELA, P.C., DAVENPORT, J., et L.D. GRUFFYDD. 1982. The effects of temperature on the shell growth of young *Mytilus edulis* L. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 59: 275-288.

ANONYME. 1985. Reconnaissance market survey of mussel products. Rapport présenté à Pêches et Océans Canada par Leonard and Partners Ltd.

ap RHEINALLT, T. 1986. Size-selection by the crab *Liocarcinus puber* feeding on mussels *Mytilus edulis* and on shore crabs *Carcinus maenas:* the importance of mechanical factors. Mar. Ecol., Prog. Ser., 29: 45-53.

AUDOUIN, J. 1962. Hydrologie de l'Étang de Thau. Rev. Trav. Inst. Pêches marit. No 26.

BARDACH, J.E., RYTHER, J.H. et W.O McLARNEY, 1972. Aquaculture. The farming and husbandry of freshwater and marine organisms. Wiley-Interscience, New-York, 868 p.

BAYNE, B.L. 1964. The responses of the larvae of *Mytilus edulis* L. to light and gravity. Oikos, 15: 162-174.

BAYNE, B.L. 1965. Growth and the delay of metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis.* Ophelia, 2: 1-47.

BAYNE, B.L., 1975. Reproduction in bivalve molluscs under environmental stress. p. 259-277. In VERNBERG, F.J. (ed.) Physiological ecology of estuarine organisms. Univ. South Carolina Press, Columbia.

BAYNE, B.L., 1976. The biology of mussel larvae. p. 81-120. In BAYNE, B.L. (ed.) Marine mussels: their ecology and physiology. Cambridge University Press, Cambridge, 506 p.

BAYNE, B.L., BROWN, D.A., HARRISON, F., et P.P. YEVICH. 1980. Mussel health. p. 163-235. In GOLDBERG, E.D. (ed.) The international mussel watch. U.S. Ntl. Acad. Sci.

BAYNE, B.L., HOLLAND, D.I., MOORE, M.N., LOWE, D.M., et J. WIDDOWS. 1978. Further studies on the effects of stress in the adult on the eggs of *Mytilus edulis.* J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 58: 825-841.

BAYNE, B.L., SALKELD, P.N., et C.M. WORRALL, 1983. Reproductive effort and value in different populations of the marine mussel, *Mytilus edulis* L. Oecologia, 59: 18-26.

BAYNE, B.L., THOMPSON, R.J., et J. WIDDOWS. 1976. Physiology. p. 121-206. In BAYNE B.L. (ed.) Marine mussels: their ecology and physiology. Cambridge University Press, Cambridge, 506 p.

BAYNE, B.L. et C.M. WORRALL, 1980. Growth and production of mussels, *Mytilus edulis,* from two populations. Mar. Ecol., Prog. Ser., 3: 317-328.

BEAULIEU, J.L. et J. MÉNARD. 1985. Study of the Québec shellfish toxicity data (1955-1983). p. 445-450. In ANDERSON, D.M., WHITE, A.W. et D.G. BADEN. (eds) Toxic dinoflagellates. Elsevier, New-York, 561 p.

BERNARD, F.R. 1983. Physiology and the mariculture of some Northeastern Pacific bivalve molluscs. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. No 63.

BIRKBECK, T.H. et J.G. McHENERY. 1982. Degradation of bacteria by *Mytilus edulis.* Mar. Biol., 72, 7-15.

BOUXIN, H. 1956. Observations sur le frai de *Mytilus edulis* var. *galloprovincialis* (Lmk.), dates précises de frai et facteurs provoquant l'émission de produits génitaux. Rapp. P.-V Réun. Cons. Int. Explor. Sci. Mer Méditer. p. 43-46.

BROCK, R.L. GALBRAITH, G.R., et B.A. BENSEKAN. 1985. Relationships of rainfall, river flow, and salinity to faecal coliform levels in a mussel fishery, New Zealand. J. Mar. Freshwat. Res., 19: 485-494.

BROUSSEAU, D.J. 1984. Aspects of reproduction of the blue mussel, *Mytilus edulis* (Pelecypoda: Mytilidae), in Long Island Sound. Fish. Bull., 81: 733-740.

BURRELL, V.G. jr. 1983. Molluscan aquaculture in the United States: brief overview. J. World Maricult. Soc., 14: 164-169

CANZONIER, W. 1986. Mussel culture in Italy. p. 60-65. In GILLIS, C.A. (ed.) Proceedings of the symposium on blue mussel culture, March 3-6, 1986. Charlottetown, IPE, 182 p.

CHALFANT, J.S. Jr., ARCHAMBAULT, T., WEST, A.E., RYLEY, J.G., et N. SMITH. 1980. Natural stocks of mussels: Growth, recruitment and harvest potential, p. 38-68. In LUTZ, R.A. (ed.) Mussel culture and harvest: A North American perspective. Developments in Aquaculture and Fisheries Sciences No. 7. Elsevier, New-York, 350 p.

COLEMAN, N. 1973. Water loss from aerially exposed mussels. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 12: 145-155.

COLLINSON, R.I. et C.P. REES. 1978. Mussel mortality in the Gulf of La Spezia, Italy. Mar. Pollut. Bull., 9: 99-101.

COSSA, D., PICARD-BÉRUBÉ, M., et J.P. GOUYGOU. 1983. Polynuclear aromatic hydrocarbons in mussels from the estuary and northwestern Gulf of St-Lawrence, Canada. Bull. Environm. Contam. Toxicol., 31: 41-47.

COSSA, D. et J.G. RONDEAU. 1985. Seasonal, geographical and size-induced variability in mercury content of *Mytilus edulis* in an estuarine environment: a re-assessment of mercury pollution level in the Estuary and Gulf of St-Lawrence. Mar. Biol., 88: 43-50.

DAHLBACK, B. et L.A.H. GUNNARSSON. 1981. Sedimentation and sulfate reduction under a mussel culture. Mar. Biol., 63: 269-275.

DARDIGNAC-CORBEIL, M.-J. La culture des moules sur bouchots. Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit. No 244.

DARE, P.J. 1980. Mussel cultivation in England and Wales. Lab. Leafl. MAFF Direct. Fish. Res. Lowestoft No. 50. 18 p.

DARE, P.J., EDWARDS, D.B., et G. DAVIES. 1983. Experimental collection and handling of spat mussels (*Mytilus edulis* L.) on ropes for intertidal cultivation. Fish. Res. Tech. Rep., MAFF Direct. Fish. Res., Lowestoft, No 74. 23 p.

DICKIE, L.M., BOUDREAU, P.R., et K.R. FREEMAN. 1984. Influences of stock and site on growth and mortality in the blue mussel (*Mytilus edulis*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 41: 134-140.

DUNTHORN, A.A. 1971. The predation of cultvated mussels by eiders. Bird Study, 18: 107-112.

ENNIS, G.P. 1973. Food, feeding, and condition of lobsters, *Homarus americanus*, throughout the seasonal cycle in Bonavista Bay, Newfoundland. J. Fish. Res. Board Can., 30: 1905-1909.

FAMME, P. 1980. Effects of shell valve closure by the mussel *Mytilus edulis* L. on the rate of oxygen consumption in declining oxygen tension. Comp. Biochem. Physiol., 67A: 167-170.

FARRINGTON, J.W. 1983. Bivalves as sentinels of coastal chemical pollution: The mussel (and oyster) watch. Oceanus, 26: 18-29.

FIELD, I.A. 1922. Biology and economic value of the sea mussel *Mytilus edulis*. Bull. U.S. Bur. Fish., 38: 128-259.

FIGUERAS, A. 1984. Mussels-Spain updates and industry. World Fish., 32: 23.

FIGUERAS, A. 1986. Raft culture (Spain). p. 41-55. In GILLIS, C.A. (ed.) Proceedings of the symposium on blue mussel culture, March 3-6, 1986. Charlottetown, IPE, 182 p.

FOSTER-SMITH, R.L. 1975. The effect of concentration of suspension on the filtration rates and pseudofaecal production for *Mytilus edulis* L., *Cerastoderma edule* (L.) and *Venerupis pullastra* (Montagu). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 17: 1-22.

FRÉCHETTE, M. et E. BOURGET. 1985. Food-limited growth of *Mytilus edulis* L. in relation to benthic boundary layer. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42: 1166-1170.

FREEMAN, K.R. 1974. Growth, mortality, and seasonal cycle of *Mytilus edulis* in two Nova Scotian embayments. Fish. Mar. Serv., Tech. Rep. No 500.

GIGUÈRE, M. et L. POIRIER. 1978. Croissance et engraissement de la moule bleue (*Mytilus edulis* L.) placée en élevage aux Îles-de-la-Madeleine. Cah. Inf. No. 84.

GLUDE, J.B. 1983. Marketing and economics in relation to U.S. bivalve aquaculture. J. World Maricul. Soc., 14: 576-586.

GOLDBERG, E.W., BOWEN, U.T., FARRINGTON, J.W., HARVEY, G., MARTIN, J.H., PARKER, P.L., RISEBROUGH, R.W., ROBERTSON, W., SCHNEIDER, E., et E. GAMBLE. 1978. The mussel watch. Environm. Conserv., 5: 1-25.

GONZALEZ, L.G. et P. YEVICH. 1976. Responses of an estuarine population of the blue mussel *Mytilus edulis* to heated water from a steam generating plant. Mar. Biol., 34: 177-189.

GOSNER, K.L. 1978. A field guide to the Atlantic seashore. Houghton Mifflin Cie, Boston, 329 p.

GREIG, R.A. et G. SENNEFFELDER. 1985. Metals and PCB concentrations in mussels from Long Island Sound. Bull. Environm. Contam. Toxicol., 35: 331-334.

GRUFFYDD, L.D., HUXLEY, R., et D.J. CRISP. 1984. The reduction in growth of *Mytilus edulis* in fluctuating salinity regimes measured using laser diffraction patterns and the exaggeration of this effect by using tap water as the diluting medium. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 64: 401-411.

HAMON, P.-Y. et H. TOURNIER. 1981. Estimation de la biomasse en culture dans l'Étang de Thau (été 1980). Science et Pêches, Bull. Inst. Pêches marit. No. 313.

HARGER, J.R.E. 1970. Comparisons among growth characteristics of two species of sea mussel, *Mytilus edulis* and *Mytilus californianus*. Veliger, 13: 44-56.

HICKMAN, C.P. Sr., HICKMAN, C.P. Jr., et F.M. HICKMAN. 1974. Integrated principles of zoology. C.V. Mosby Cie, Saint-Louis, 1025 p.

HRS-BRENKO, M. et A. CALABRESE. 1969. The combined effects of salinity and temperature on larvae of the mussel *Mytilus edulis*. Mar. Biol., 4: 224-226.

HURLBURT, C.G. et S.W. HURLBURT. 1975. Blue Gold: Mariculture of the edible blue mussel (*Mytilus edulis*) . Mar. Fish. Rev., 37: 10-18.

HURLBURT, C.G. et S.W. HURLBURT. 1980. European mussel culture technology and its adaptability to North American waters, p. 69-98. In LUTZ, R.A. (ed.) Mussel culture and harvest: a North American perspective. Developments in Aquaculture and Fisheries Science No. 7. Elsevier, New-York, 350 p.

INCZE, L.S. et R.A. LUTZ. 1980. Mussel culture: an East Coast perspective. p. 99-140. In LUTZ, R.A. (ed.) Mussel culture and harvest: A North American perspective, Developments in Aquaculture and Fisheries Science No. 7. Elsevier, New-York, 350 p.

INCZE, L.S., PORTER, B., et R.A. LUTZ. 1978. Experimental culture of *Mytilus edulis* L. in a northern estuarine gradient: growth, survival, and recruitment. Proc. World Maricult. Soc., 9: 523-541.

JAMIESON, G.S., NEISH, I.C. et C.S.L. CLARKE. 1975. Perspectives and development prospects of mussel cultivation in the Maritimes provinces of Canada. Environment Canada, Rep. AMRL 74-11, 75 p.

JENKINS, R.J. 1979. Mussel cultivation in the Marlborough Sounds (New-Zealand). D.F. Jones, Willington, 75 p.

JORGENSEN, C.B. 1976. Growth efficiencies and factors controlling size in some mytilid bivalves, especially *Mytilus edulis* L.: Review interpretation. Ophelia, 15: 175-192.

JORGENSEN, C.B. 1981. Mortality, growth, and grazing impact of a cohort of bivalve larvae, *Mytilus edulis* L. Ophelia, 20: 185-192.

KAUTSKY, N. 1982 a. Quantitative studies on gonad cycle, fecundity, reproductive output and recruitment in a Baltic *Mytilus edulis* population. Mar. Biol., 68: 143-160.

KAUTSKY, N. 1982 b. Growth and size structure in a Baltic *Mytilus edulis* population. Mar. Biol., 68: 117-133.

KIORBOE, T., MOHLENBERG, F., et O. NOHR. 1980. Feeding, particle selection and carbon absorption in *Mytilus edulis* in different mixtures of algae and resuspended bottom material. Ophelia, 19: 193-205.

KORRINGA, P. 1976. Farming marine organisms low in the food chain. Developments in Aquaculture and Fisheries Science No. 1. Elsevier, Amsterdam, 264 p.

KRZYNOWEK, J. et K. WIGGIN. 1979. Seasonal variation and frozen storage stability of blue mussels (*Mytilus edulis*). J. Food Sci., 44: 1644-1645, 1648.

LAPOINTE, B.E., NIELL, F.X., et J.M. FUENTES. 1981. Community structure, succession, and production of seaweeds associated with mussel-rafts in the Ria de Arosa, N.W. Spain. Mar. Ecol., Prog. Ser., 5: 243-253.

LI, M.F. et S. CLYBURNE, 1979. Mortalities of blue mussel (*Mytilus edulis*) in Prince Edward Island. J. Invert. Pathol. 33: 108-110.

LOO, L.O. et R. ROSENBERG. 1983. *Mytilus edulis:* growth and production in Western Sweden. Aquaculture, 35: 137-150.

LUBET, P. 1957. Cycle sexuel de *Mytilus edulis* L. et de *Mytilus galloprovincialis* LMK. dans le bassin d'Arcachon (Gironde). Ann. Biol., 33: 19-29.

LUCAS, A. et P.G. BENINGER, 1985. The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. Aquaculture, 44: 187-200.

LUNDLAV, T. 1986. Longline culture (Sweden). p. 15-21. In GILLIS, C.A. (ed.) Proceedings of the symposium on blue mussel culture, March 3-6, 1986. Charlottetown, IPE, 182 p.

LUTZ, R.A. 1976. Annual growth patterns in the inner shell layer of *Mytilus edulis* L. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 56: 723-731.

LUTZ, R.A. 1979. Bivalve molluscan mariculture: a *Mytilus* perspective. Proc. World Maricult. Soc., 10: 596-608.

LUTZ, R.A. 1980. Introduction Mussel culture and harvest in North American. p. 1-17. In LUTZ, R.A. (ed.) Mussel culture and harvest: A North American perspective, Developments in Aquaculture and Fisheries Science No. 7. Elsevier, New-York, 350 p.

LUTZ, R.A. 1980. Pearl incidence: Mussel culture and harvest implications. p. 193-222. In LUTZ R.A. (ed.) Mussel culture and harvest: A North American perspective. Developments in Aquaculture and Fisheries Sciences No. 7. Elsevier, New-York, 350 p.

LUTZ, R.A. 1985. Mussel aquaculture in the United States. p.311-363. In HUNER, J.V. et E.E. BROWN (eds.) Crustacean and mollusk aquaculture in the United States. AVI Publishing Cie, Wesport, 476 p.

LUTZ, R.A. INCZE, L.S., PORTER, B., et J.K. STOTZ. 1980. Seasonal variation of raft-cultivated mussels (*Mytilus edulis* L.) Proc. World Maricul. Soc., 11: 262-268.

MARTEIL, L. 1979. La conchyliculture française. 3ième partie. L'ostréiculture et la mytiliculture. Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 43: 5-130.

MARTIN, M. 1985. State mussel watch: Toxic surveillance in California. Mar. Pollut. Bull., 16: 140-146.

MASON, J. 1976. Cultivation. p. 385-410. In BAYNE, B.L. (ed.) Marine mussels: their ecology and physiology. Cambridge University Press, Cambridge, 506 p.

MASON, J. et J. DRINKWATER. 1981. Experiments on suspended cultivation of mussels in Scotland. Scotish Fish. Information Pamphlet No. 4, Dept. Agric. Fish. Scotland, 15 p.

MEDCOF. J.C. 1985. Life and death with *Gonyaulax:* an historical perspective. p. 1-8. In ANDERSON, D.M., WHITE, A.W., et D.G. BADEN (eds) Toxic dinoflagellates. Elsevier, New-York, 561 p.

MOORE, D.R. et D.J. REISH. 1968. Studies on the *Mytilus edulis* community in Alamitos Bay, California. IV. Seasonal variation in gametes from different regions in the Bay. Veliger, 11: 250-255.

MOHLENBERG, F. et H.U. RIISGARD. 1978. Efficiency of particle retention in 13 species of suspension feeding bivalves. Ophelia, 17: 239-246.

MUISE, B.C. et L.L. MacLEOD. 1980. Longline culture of blue mussels on the eastern shore of Nova Scotia. MS Rep. Ress. Utiliz. Nova Scotia Dept. of Fish, 42 p.

MYERS, E.A. 198C. The evolution of commercial mussel culture operation. p. 266-311. In LUTZ, R.A. (ed.) Mussel culture and harvest: a North American perspective. Developments in Aquaculture and Fisheries Science No. 7. Elsevier, New-York, 350 p.

MYRAND, B. 1986. L'élevage de la moule bleue (*Mytilus edulis*) au Québec, p. 157-161. Actes du colloque sur l'aquiculture, «Les perspectives d'avenir en aquiculture», tenu à St-Hyacinthe les 14 et 15 mars 86. Conseil des productions animales du Québec, 183 p.

MYRAND, B. et Y. BASTIEN. 1985. L'industrie mytilicole à l'Île-du-Prince-Edouard et en Nouvelle-Écosse. Rapport d'un stade d'observation. Cah. Inf. No. 115.

NEWELL, R.I.E., HILBISH, T.J., KOEHN, R.K. et C.J. NEWELL. 1982. Temporal variation in the reproductive cycle of *Mytilus edulis* L. (Bivalvia, Mytilidae) from localities on the east coast of the United States. Biol. Bull., 162: 299-310.

NEWELL, R.I.E. et R.J. THOMPSON. 1984. Reduced clearance rates associated with spawning in the mussel, *Mytilus edulis* (L.) (Bivalvia Mytilidae). Mar. Biol. Letters, 5: 21-34.

O'NEILL, S.M., SUTTERLIN, A.M., et D. AGGETT. 1983. The effects of size-selective feeding by starfish (*Asterias vulgaris*) on the production of mussels (*Mytilus edulis*) cultured on nets. Aquaculture, 35: 211-220.

PIETERS, H., KLUYTMANS, J.H., ZURBURG, W., et D.I. ZANDEE. 1979. The influence of seasonal changes on energy metabolism in *Mytilus edulis* (L.). I. Growth rate and biochemical composition in relation to environmental parameters and spawning. p. 285-292. In NAYLOR, E., et R.G. HARTNOLL (eds) Cyclic phenomena in marine plants and animals. Pergamon Press.

PIETERS, H., KLUYTMANS, J.H., ZANDEE, D.I., et G.C. CADEE. 1980. Tissue composition and reproduction of *Mytilus edulis* in relation to food availability. Neth. J. Sea Res., 14: 349-361.

POIRIER, L. 1974a. Mission d'étude en France sur la conchyliculture française, 18 mars au 12 avril 1974. Rapport de mission.

POIRIER, L. 1974b. Étude sur les possibilités d'implantation de la conchyliculture en Gaspésie et aux Îles-de-la-Madeleine. Rapp. Ann. Min. Industr. Comm. DGPM 1973. p. 30-40.

POIRIER, L. et B. MYRAND. 1982. Élevage de la moule bleue, *Mytilus edulis,* dans les lagunes des Îles-de-la Madeleine (Québec). Trav. Pêch. N. 49.

POPHAM, J.D., JOHNSON, D.G., et J.M. D'AURIA. 1980. Mussels (*Mytilus edulis*) as «point source» indicators of trace metal pollution. Mar. Pollut. Bull., 11: 261-263.

POUND, B. 1982. Report on mussel market research in central Canada. Market Development Center, Charlottetown (P.E.I.), M.S. Report.

PRICE, H.A. 1982. An analysis of factors determining seasonal variation in the byssal attachment strength of *Mytilus edulis*. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 62: 147-155.

PRICE, H.A. 1983. Structure and formation of the byssus complex in *Mytilus* (Mollusca, Bivalvia). J. Mollusc. Stud., 49: 9-17.

RIISGARD, H.V. et A. RANDLOV. 1981. Energy budgets, growth, filtration rates in *Mytilus edulis* at different algal concentrations. Mar. Biol., 61: 227-234.

ROBERT, G. 1981. Seasonal changes in meat yield of cultivated blue mussels (*Mytilus edulis* L.). Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci. No 1609.

ROBERTS. D.F., ELLIOT, M., et P.A. READ. 1986. Cadmium contamination, accumulation and some effects of this metal in mussels from a polluted marine environment. Mar. Env. Res., 18: 165-184.

RODHOUSE, P.G., RODEN, C.M., BURNELL, G.M., HENSEY, M.P., McMAHON, T., OTTWAY, B., et T.H. RYAN. 1984. Food resource, gametogenesis and growth of *Mytilus edulis* on the shore and in suspended culture: Killary Harbour, Ireland. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 64: 513-529.

ROMERO, P., GONZALEZ-GURRIARAN, E., et E. PENAS. 1982. Influence of mussel rafts on spatial and seasonal abundance of crabs in the Ria de Arosa, North-West Spain. Mar. Biol., 72: 201-210.

ROSENBERG, R. et L.O., LOO. 1983. Energy-flow in a *Mytilus edulis* culture in Western Sweden. Aquaculture, 35: 151-161.

RYTHER, J.H. 1969. The potential of the estuary for shellfish production. Proc. Natl. Shellfish. Assoc., 59: 18-22.

SEED, R. 1968. Factors influencing shell shape in the mussel *Mytilus edulis*. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 48: 561-584.

SEED, R. 1969. The ecology of *Mytilus edulis* L. (Lamellibranchiata) on exposed rocky shores. I. Breeding and settlement. Oecologia, 3: 227-316.

SEED, R. 1976. Ecology p. 13-65. In BAYNE, B.L. (ed.) Marine mussels, their ecology and physiology. Cambridge University Press, Cambridge, 506 p.

SEED, R. 1980. Variations in the shell-fish relationship of *Mytilus:* The value of sea mussels as items of prey. Veliger, 22: 219-221.

SINDERMAN, C.J. 1977. MYTILICOLA disease of oysters. p. 215-216. In SINDERMAN, C.J. (ed.) Disease diagnosis and control in North American marine aquaculture. Elsevier, New-York, 329 p.

SKIDMORE, D. et K.S. CHEW. 1985. Mussel aquaculture in Puget Sound. Washington Sea Grant Program, University of Washington, Seattle, 57 p.

SLABYJ, B.M. 1980, Storage and processing of mussels. p. 247-265. In LUTZ, R.A. (ed.) Mussel culture and harvest: a North American perspective. Developments in Aquaculture and Fisheries Science. No. 7. Elsevier, New-York, 350 p.

SLABYJ, B.M., CREAMER, D.L., et R.H. TRUE. 1978. Seasonal effect on yield, proximate composition and quality of blue mussel meats (*Mytilus edulis*) obtained from cultivated and natural stock. Mar. Fish. Rev., 40: 18-23.

SLABYJ, B.M. et C. HINKLE. 1976. Handling and storage of blue mussels in shell. Research in the Life Science, Univ. Maine, Orono. No. 23.

SMIT, J.G.P. et W. SMIT. 1983. Price instability and European market channels for fresh mussels (*Mytilus edulis*). p. 179-190. In MELTEFF, B.R. (coord.) Proc. Internat. Seafood, Trade Conf., Anchorage, Alaska, Sept 8-12 1982. Alaska Sea Grant Coll. Prog., Univ. Alaska, Fairbanks.

SMITH, J.R. et D.R. STREHLOW. 1983. Algal induced spawning in the marine mussel *Mytilus californianus*. Int. J. Invertebr. Reprod., 6: 129-133.

SPRUNG, M. 1983. Reproduction and fecundity of the mussel *Mytilus edulis* at Helgoland (North Sea). Helgol. Meeres., 36: 243-255.

SPRUNG, M. 1984. Physological energetics of mussel larvae (*Mytilus edulis*). II. Food uptake. Mar. Ecol., Prog. Ser., 17: 295-305.

SUTTERLIN, A., AGGETT, D., COUTURIER, C., SCAPLFN, R., et D. IDLER. 1981. Mussel culture in Newfoundland waters. Mar. Sc. Res. Lab., Tech. Rep. No 23.

TENORE, K.R., BOYER, L.F., CAL, R.M., CORRAL, J., GARCIA-FERNANDEZ, C., GONZALEZ, N., GONZALEZ-GURRIARAN, E., HANSON, R.B. IGLESIAS, J., KROM, M., LOPEZ-JAMAR, E., McLAIN, J., PAMATMAT, M.M., PEREZ, A., RHOADS, D.C., de SANTIAGO, G., TIETHJEN, J., WESTRICH, J., et H.L. WINDOM. 1982. Coastal upwelling in the Rias Bajas, NW Spain: Contrasting the benthic regimes of the Rias de Arosa and de Muros. Mar. Biol., 40: 701-772.

THEISEN, B.F. 1972. Shell cleaning and deposit feeding in *Mytilus edulis* L. (Bivalvia). Ophelia, 10: 49-55.

THERRIAULT, J.C., PAINCHAUD, J., et M. LEVASSEUR. 1985. Factors controlling the occurrence of *Protogonyaulax tamarensis* and shellfish toxicity in the St-Lawrence Estuary: Freshwater runoff and the stability of the water column. p. 141-146. In ANDERSON, D.M., WHITE, A.W., et D.G. BADEN (eds,) Toxic dinoflagellates. Elsevier, New-York, 561 p.

THOMPSON, R.J., 1979. Fecundity and reproductive effort in the blue mussel (*Mytilus edulis*), the sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*), and the snow crab (*Chionoecetes opilio*) from populations in Nova Scotia and Newfoundland. J. Fish. Res. Board Can., 36: 955-964.

THOMPSON, R.J. 1984. The reproductive cycle and physiological ecology of the mussel *Mytilus edulis* in a subarctic, non-estuarine environment. Mar. Biol., 79: 277-288.

THOMPSON, R.J. et B.L. BAYNE. 1972. Active metabolism associated with feeding in the mussel *Mytilus edulis* L. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 9: 111-124.

THOMPSON, R.J. RATCLIFFE, N.A., et G.L. BAYNE. 1974. Effects of starvation on structure and function in the digestive gland of the mussel (*Mytilus edulis* L.). J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 54: 699-712.

VAHL, O. 1973. Pumping and oxygen consumption rates of *Mytilus edulis* of different sizes. Ophelia, 12: 45-52.

WALLACE, J.C. 1980. Growth rates of different populations of the edible mussel, *Mytilus edulis*, in North Norway. Aquaculture, 19: 303-311.

WALNE, P.R. 1970. Studies on the food value of nineteen genera of algae to juvenile bivalves of the genera *Ostrea, Crassostrea, Mercenaria* and *Mytilus*. Fish Investig., Min. Agric. Fish, Food, London, Ser. II No. 26.

WALNE, P.R. 1972. The influence of current speed, body size and water temperature on the filtration rate of five species of bivalves. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 52: 345-374.

WIDDOWS, J. 1976. Physiological adaptation of *Mytilus edulis* to cyclic temperatures. J. Comp. Physiol., 105: 115-128.

WIDDOWS, J. et B.L. BAYNE. 1971. Temperature acclimation of *Mytilus edulis* with reference to energy budget. J. Mar. Assoc. U.K., 51: 827-843.

WIDDOWS, J., FIETH, P., et C.M. WORRALL. 1979. Relationships between seston, available food and feeding activity in the common mussel *Mytilus edulis*. Mar. Biol., 50: 195-207.

WIDDOWS, J. et J.M. SHICK. 1985. Physiological responses of *Mytilus edulis* and *Cardium edule* to exposure. Mar. Biol., 35: 217-232.

WIJSMAN, T.C.M. 1976. ATP content and mortality in *Mytilus edulis* from different habitats in relation to anaerobiosis. Neth. J. Sea Res., 10: 140-148.

WILDISH. D.J. et D.D. KRISTMANSON. 1985. Control of suspension feeding bivalve production by current speed. Helgol. Meeresunter., 39: 237-243.

WILLIAMS, P. 1981. Detritus utilization by *Mytilus edulis*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 12: 739-746.

WINTER, J.E. 1974. Growth in *Mytilus edulis* using different types of food. Ber. dt. wiss. Kommn. Meeresforshc., 23: 360-375.

WITMAN, J.D. et T.H. SUCHANEK. 1984. Mussels in flow: Drag and dislodgement by epizoans. Mar. Ecol., Prog. Ser., 16: 259-268.

WORRALL, C.M. et J. WIDDOWS. 1984. Investigations of factors influencing mortality in *Mytilus edulis* L. Mar. Biol. Letters, 5: 85-97.

YENTSCH, C.M. et L.S. INCZE. 1980. Accumulation of algal biotoxins in mussels. p. 223-246. In LUTZ, R.A. (ed.) Mussel culture and harvest: a North American perspective, Developments in Aquaculture and Fisheries Sciences No. 7. Elsevier, New-York, 350 p.

ZANDEE, D.I., KLUYTMANS, J.M., ZURBURG, W. et H. PIETERS. 1980. Seasonal variations in biochemical composition of *Mytilus edulis* with reference to energy metabolism and gametogenesis. Neth. J. Sea Res., 14:1-29.

ZHANG, F. 1984. Mussel culture in China. Aquaculture, 39: 1-10.

ANNEXE 1

Coût des matériaux

Voici une estimation du coût de certains matériaux susceptibles d'être employés en mytiliculture. Ces estimations datent de l'été 1986. Elles ne tiennent compte ni de la taxe de vente présente dans certains cas ni des frais de transport. De plus, il s'agit de coûts unitaires. Dans la grande majorité des cas, ce sont les prix demandés aux Îles-de-la-Madeleine.

Item	Coût unitaire
ANCRAGE	
Ciment	130.00 $ par m^3 (1 000 L)
Tige de métal (12,5 mm) pour ancrage	1,15 $ par m
Tube en PVC (14,3 mm)	1,64 $ par m
Chaîne non galvanisée (7,9 mm)	7,05 $ par m
" " (9,5 mm)	8,37 $ "
" " (12,5 mm)	19,52 $ "
FLOTTEURS	
Bouées en polystyrène avec 1 anneau (18,4 × 41,9 cm)	2,25 $ l'unité
" " avec 2 anneaux (18,4 × 41,9 cm)	3,75 $ l'unité
" " perforée (35,5 × 41,9 cm)	3,50 $ l'unité
Bouées noires sphériques (30,5 cm)	6,00 $ l'unité
LIGNE, COLLECTEURS ET FILET	
Cosse non galvanisée (9,5 mm)	0,75 $ l'unité
" " (12,5 mm)	0,85 $ "
" " (15,9 mm)	1,65 $ "
Câble de polypropylène (7,9 mm)	40,00 $ pour 366 m
" " (9.5 mm)	57,00 $ "
" " (11,0 mm)	80,00 $ "
" " (12,5 mm)	90,00 $ "
" " (15,9 mm)	80,50 $ pour 183 m
Vexar à mailles de 9,5 mm (1,2 × 30,5 m)	185,00 $ par rouleau
" " 12,7 mm (1,2 × 30,5 m)	200,00 $ "
" " " mm (1,6 × 30,5 m)	310,00 $ "
" " 19,0 mm (1,2 × 30,5 m)	250,00 $ "
" " " mm (1,6 × 30,5 m)	350,00 $ "
Filet italien (1 000 m)	54.00 $ par rouleau
Filet canadien (200 m)	44,00 $ par rouleau
Corde plastifiée (1 525 m)	9,00 $ par rouleau
Poche en toile de fibre de verre	0,75 $ l'unité

ANNEXE II

Estimation du coût en matériel pour un essai d'élevage avec 1 000 boudins

Les éléments pris en considération lors des calculs sont:

- Essai avec 500 collecteurs de différents types et fabrication de 1 000 boudins mis en élevage jusqu'à la taille commerciale.
- Tout le matériel est acheté à l'état neuf au prix unitaire ($ 1986) aux Îles-de-Madeleine. La taxe et le coût du transport n'est pas considéré (c.f. Annexe I).
- Collecteurs: 200 en polypropylène (9,5 mm) lestés avec du ciment
  200 en vexar (maille de 19 mm) lestés avec du ciment
  100 en filet italien lestés avec des roches
- Mise en boudins avec une table de remplissage artisanale en contreplaqué.
- 1 000 boudins faits avec du filet canadien.
- 10 lignes flottantes ayant chacune:
  longueur de 110 m dont 75 m en surface
  ancrages en ciment (coût des formes non-incl.)
  câble en polypropylène de 9,5 mm
  100 bouées # 4
  ancrage marqué par une bouée # 4 attachée à un câble en polypropylène de 9,5 mm.
- Immersion réalisée avec 20 poches par ligne.

Item	Quantité	Coût
CAPTAGE		
Polyrope (9,5 mm)	200 × 3 m	93.44 $
Vexar (maille de 19 mm)	200 × 3 m	583.33 $
Filet italien	100 × 3 m	16.20 $
Lests en ciment	400	40.00 $
Corde d'attache pour vexars	200 × 0,5m	10.00 $
REMPLISSAGE		
Bois pour table de remplissage		65.00 $
Tuyaux et bagues en PVC		10.00 $
Pompe à puisard	1	100.00 $
BOUDIN		
Filet canadien	1 000 × 3 m	660.00 $
Corde de plastique	1 000 X 3 m	27.00 $
LIGNES FLOTTANTES		
Câble en polypropylène (9,5 mm)	10 × 124 m	193.12 $
Ancrage en ciment (0,10 m^3)	20	260.00 $
Tube en PVC (14,3 mm)	20 × 0,25 m	8.20 $
Tige en métal (12,5 mm)	20 × 1 m	22.97 $
Bouées en polystyrène # 4	1 020	2 550.00 $
IMMERSION		
Câble en polypropylène (9,5 mm)	200 × 4,5 m	140.16 $
Poche	200	150.00 $
Total		**4 929.42 $**

ANNEXE III

Procédure pour la détermination du rendement en chair

Il est important de standardiser la procédure de détermination du rendement en chair afin d'être en mesure de comparer les résultats obtenus d'une fois à l'autre. Cette détermination doit donc toujours être effectuée de la même façon.

- Prendre 25 moules (JAMAIS MOINS DE 10) représentatives du lot à décrire dont la taille se situe entre 50 et 69 mm inclusivement.
- Nettoyer la surface externe des coquilles et couper les byssus au ras des coquilles.
- Couvrir le fond d'un chaudron avec un peu d'eau et amener à ébullition.

  Mettre ensuite les moules dans le chaudron, couvrir et laisser cuire 10 minutes. ATTENTION LES MOULES DOIVENT ÊTRE CUITES À LA VAPEUR ET NON PAS BOUILLIES.
- Retirer du feu, vider l'eau de cuisson, et laisser refroidir les moules pendant 15 minutes. Décortiquer les moules au cours de l'attente en prenant soin de ne pas laisser de chair accrochée aux coquilles.
- Éponger la chair cuite et les coquilles avec du papier essuie-tout pour enlever l'excédent d'eau.
- Peser tous les morceaux de chair cuite ensemble et noter.
- Peser toutes les coquilles ensemble et noter.
- Calculer le rendement en chair:

$$\text{RENDEMENT EN CHAIR } (‰) = \frac{(\text{POIDS DE CHAIR CUITE} \times 100)}{(\text{POIDS DE CHAIR CUITE} + \text{POIDS DES COQUILLES})}$$

ANNEXE IV

Fournisseurs

Voici une liste de certains fournisseurs de matériel. Cette liste ne se veut pas exhaustive et ne constitue pas une recommandation des fournisseurs cités.

Item	Fournisseur	Lieu	Téléphone
Câble de polypropylène	IMP Group	Charlottetown (IPE)	902-892-8766
	J.P Forge Ltée	Moncton (N.B.)	506-855-9652
Vexar	Pisciculture Abercorn	Montréal (QUE)	514-521-1786 (ext. 243)
	Ocean Ware	St-Andrews (N.B.)	506-529-8806
	Forses	Moncton (N.B.)	506-855-9652
	Little Harbour Fisheries	Halifax (N.E.)	902-852-3358
Filet italien	Rea-Fac Agencies	Charlottetown (IPE)	902-894-8235
	Little Harbour Fisheries	Halifax (N.E.)	902-852-3358
Filet canadien	M. Gérald Arseneau	Wellington (IPE)	902-854-2233
Bouées de styrofoam	Gérald A. Roy Ltée	Bouctouche (N.B.)	506-743-5455
	J.P. Forgie Ltée	Moncton (N.B.)	506-855-9652
	Downeast Plastic	Cap Pelé (N.B.)	506-577-6128
Bouées sphériques	Xactics	St-John (N.B.)	506-642-7272
Désrappeuse-trieuse	Charlettetown Metal Products	Charlottetown (IPE)	902-894-3614
	Island Metal Fabricator	Charlottetown (IPE)	902-566-4144
Poches en toile de fibre de verre	Les Sacs industriels	Montréal (QUE)	514-481-2713
Poches d'oignon	Les Sacs industriels	Montréal (QUE)	514-481-2713
Boîtes de carton plastifiée	Mc Millan Bathusrt	St-Johns (N.B.)	506-635-3150
Airboat	Charlottetown Metal Products	Charlottetown (IPE)	902-894-3614

ANNEXE V

Lois qui touchent la mytiliculture au Québec

Voici une liste aussi exhaustive que possible des nombreuses lois qui influencent de près ou de loin la mytiliculture au Québec. De chacune de ces lois découle, ou découlera bientôt, une série de règlements qui permettent leur mise en application.

Législation québécoise

- Relevant du ministère de l'Agriculture, des pêcheries et de l'alimentation (MAPAQ).

  La loi sur les pêcheries et l'aquaculture commerciales (L.R.Q., c. P-9.01) règlemente l'émission des permis pour les établissements mytilicoles, l'identification des limites des sites d'élevage, et les caractéristiques du produit frais qui peut être commercialisé.

  La loi sur le crédit agricole (L.R.Q., c. C-77.1) établit le cadre d'un régime de prêt à faible taux d'intérêt. Elle n'est toutefois pas encore mise en application.

  La loi sur les produits agricoles, les produits marins et les aliments (L.R.Q., c. P-29) s'applique à la mytiliculture dès qu'il y a transformation du produit. Dans ce cas, le producteur doit suivre toutes les normes s'appliquant aux usines de transformation.

- Relevant du ministère de l'Environnement (MENVIQ)

  La loi sur le régime des eaux (L.R.Q., c. R-13) règlemente la location ou la vente des rives et du lit des cours d'eau. En conséquence, elle régit l'émission des baux mytilicoles.

  La loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c.Q-2) règlemente l'émission de contaminants dans l'eau et toute modification à la qualité de l'environnement. En conséquence, elle régit l'octroi d'un certificat d'autorisation d'entreprendre une activité mytilicole dans un plan d'eau donné.

- Relevant du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche (MLCP)

  La loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune (L.R.Q., c. C-61.1) prévoit la mise en place d'un zonage aquicole pour l'ensemble du Québec qui pourrait éventuellement avoir un impact sur le développement de la mytiliculture.

- Relevant du ministère des Affaires municipales (MAMQ) mais appliquée par les municipalités régionales de comté et les municipalités.

  La loi sur l'aménagement et l'urbanisme (L.R.Q., c. A-19.1) habilite la municipalité régionale de comté (MRC) à définir les affectations de son territoire et les municipalités locales à élaborer leurs plans locaux de zonage et d'urbanisme. Cette loi devrait permettre de protéger l'activité mytilicole d'autres activités qui lui sont incompatibles.

Législation canadienne

- Relevant du ministère des Pêches et des Océans (POC)

  La loi sur les pêcheries (S.R.C., c. F-14) règlemente l'émission de permis pour le captage de naissain puisque cette opération est considérée comme une activité de pêche. Puisqu'elle assure aussi la protection du poisson et des eaux où il vit, elle peut théoriquement empêcher l'établissement d'une entreprise mytilicole dans un endroit donné. Enfin, cette loi assurant le contrôle sanitaire des pêcheries de coquillages peut théoriquement empêcher l'élevage de la moule dans une zone déclarée fermée à la cueillette pour cause de contamination bactérienne.

  La loi sur l'inspection du poisson (S.R.C., c. F-12) règlemente l'exportation interprovinciale et internationale de mollusques. Dans ce cadre, il y a émission d'un certificat d'enregistrement pour tout établissement de traitement et d'emballage de moules qui exporte son produit en dehors du Québec. Ceci implique aussi l'émission d'un certificat spécifique pour l'exportation vers les USA. Enfin, cette loi interdit la vente de tout mollusque toxique.

- Relevant du ministère des Transports (Transports Canada)

  La loi concernant la protection des eaux navigables (S.R.C., c. N-19) restreint l'utilisation de certaines portions d'un plan d'eau à seule fin de navigation. L'application de cette loi peut donc conduire à l'interdiction de certains sites potentiels à cause de leur utilité pour la navigation maritime. De plus, cette loi oblige le mytiliculteur à identifier très clairement toute installation fixe à l'aide de bouées.

Sources:

M. Gérald Boutin
Conseiller en normalisation
des produits de la pêche
Direction de l'inspection et
de la normalisation des produits marins
MAPAQ

M. Ernest Bouffard
Gérant de port
Port de Cap-aux-Meules
Transport Canada

M. Pierre Desforges
Chef de Service
Service du Domaine hydrique
MENVIQ

M. Jacques Fréchette
Conseiller du sous-ministre
Sous-ministériat aux pêches commerciales
MAPAQ

M. Jean Gagnon
Secrétaire
Municipalité régionale de comté
Îles-de-la-Madeleine

M. Roger Gélinas
Bactériologiste régional
Prés. Comité fédéral-provincial
sur les mollusques
POC

M. Serge Gonthier
Chef de service
Service de l'aquaculture
MLCP

Me Luc Houle
Avocat
Direction de la protection
Sous-ministériat aux pêches commerciales

M. Roger Simon
Directeur régional
Station de Cap-aux-Meules
POC

ANNEXE VI

Table de conversion

Système métrique	Facteur de conversion	Système anglais
Millimètre (mm)	X 0,0393	= Pouce (po)
Centimètre (cm)	X 0,3937	= Pouce (po)
Centimètre carré (cm^2)	X 0,155	= Pouce carré (po^2)
Centimètre cube (cm^3 ou cc)	X 0,061	= Pouce cube (po^3)
Mètre (m)	X 3,28	= Pied (pi)
Mètre carré (m^2)	X 10,764	= Pied carré (pi^2)
Mètre cube (m^3)	X 35,314	= Pied cube (pi^3)
Mètre cube (m^3)	X 210,10	= Gallon canadien (gal)
Litre (L)	X 0,035	= Pied cube (pi^3)
Litre (L)	X 0,22	= Gallon canadien (gal)
Gramme (g)	X 0,0352	= Once (oz)
Gramme (g)	X 0,0022	= Livre (lb)
Kilogramme (kg)	X 2,20	= Livre (lb)
Tone métrique (t.m.)	X 2,204	= Livre (lb)
Tonne métrique (t.m.)	X 0,9072	= Tonne (t)
Degré centigrade (°C)	(°C X 1,8) + 32	= Degré Farenheit (°F)

Système métrique	Facteur de conversion	Système anglais
Mètre (m)	X 100	= Centimètre (cm)
Mètre carré (m^2)	X 10 000	= Centimètre carré (cm^2)
Mètre cube (m^3)	X 1 000 000	= Centimètre cube (cm^3)
Mètre cube (m^3)	X 1 000	= Litre (L)
Hectare (ha)	X 10 000	= Mètre carré (m^2)
Hectare (ha)	X 2,47	= Acre (a)
Litre (L)	X 1 000	= Millilitre (mL)
Litre (L)	X 1 000	= Centimètre cube (cm^3 ou cc)
Kilogramme (kg)	X 1 000	= Gramme (g)
Tonne métrique (t.m.)	X 1 000	= Kilogramme (kg)

ANNEXE VII

Lexique

Bloom : prolifération rapide qui se traduit par une grande abondance.

Chlorophylle-a : pigment spécifique contenu dans les plantes (dont les algues) et qui sert de paramètre de mesure de la concentration de phytoplancton.

Commensal : organisme qui vit en association avec un autre organisme et en tire profit sans nuire à son hôte.

Éléments nutritifs : composés chimiques (éléments et sels) essentiels à la survie, la croissance, et la reproduction du phytoplancton.

Liquide intervalvaire : eau emprisonnée à l'intérieur de la coquille de la moule lors de sa fermeture.

Matière organique : matière provenant des tissus vivants (composés à base de carbone) et des transformations qu'ils ont pu subir.

Métabolisme : ensemble des réactions chimiques qui se déroulent dans un organisme (nutrition, production d'énergie, respiration, et synthèse de nouveau matériel), qu'elles fassent partie d'un processus de synthèse (anabolisme) ou de dégradation (catabolisme).

Mollusque : animal sans squelette et au corps mou.

Neurotoxine : composé chimique agissant comme un poison pour les cellules nerveuses.

Phytoplancton : algue de taille microscopique.

Plancton : organisme microscopique qui vit en flottaison plus ou moins passive dans la colonne d'eau.

Planctonophage : organisme qui se nourrit de plancton.

Pseudofaeces : particules filtrées mais rejetées avant d'être ingérées par la moule.

Respiration anaérobie : processus respiratoire ne faisant pas intervenir l'utilisation d'oxygène.

Salissures marines : organismes (plantes ou animaux) qui colonisent et se fixent en abondance sur les substrats immergés dans l'eau. On dit de ces organismes qu'ils forment le périphyton.

Taux de croissance : augmentation de la taille par unité de temps.

Taux de filtration : volume d'eau (mL) théoriquement vidé de toutes les particules qui y étaient présentes.

Turbidité : état d'un liquide devenu trouble par la présence de particules en suspension.

Upwelling : remontée en surface d'une masse d'eau profonde très riche en éléments nutritifs.

Zone intertidale : zone du littoral caractérisée par l'oscillation de la marée.

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries
et de l'Alimentation